

## CHƯƠNG 5

# XỬ LÝ NƯỚC THẢI BẰNG VI SINH VẬT

TS. Lê Quốc Tuấn  
CN. Phạm Thị Minh Thu  
Khoa Môi trường và Tài nguyên  
Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

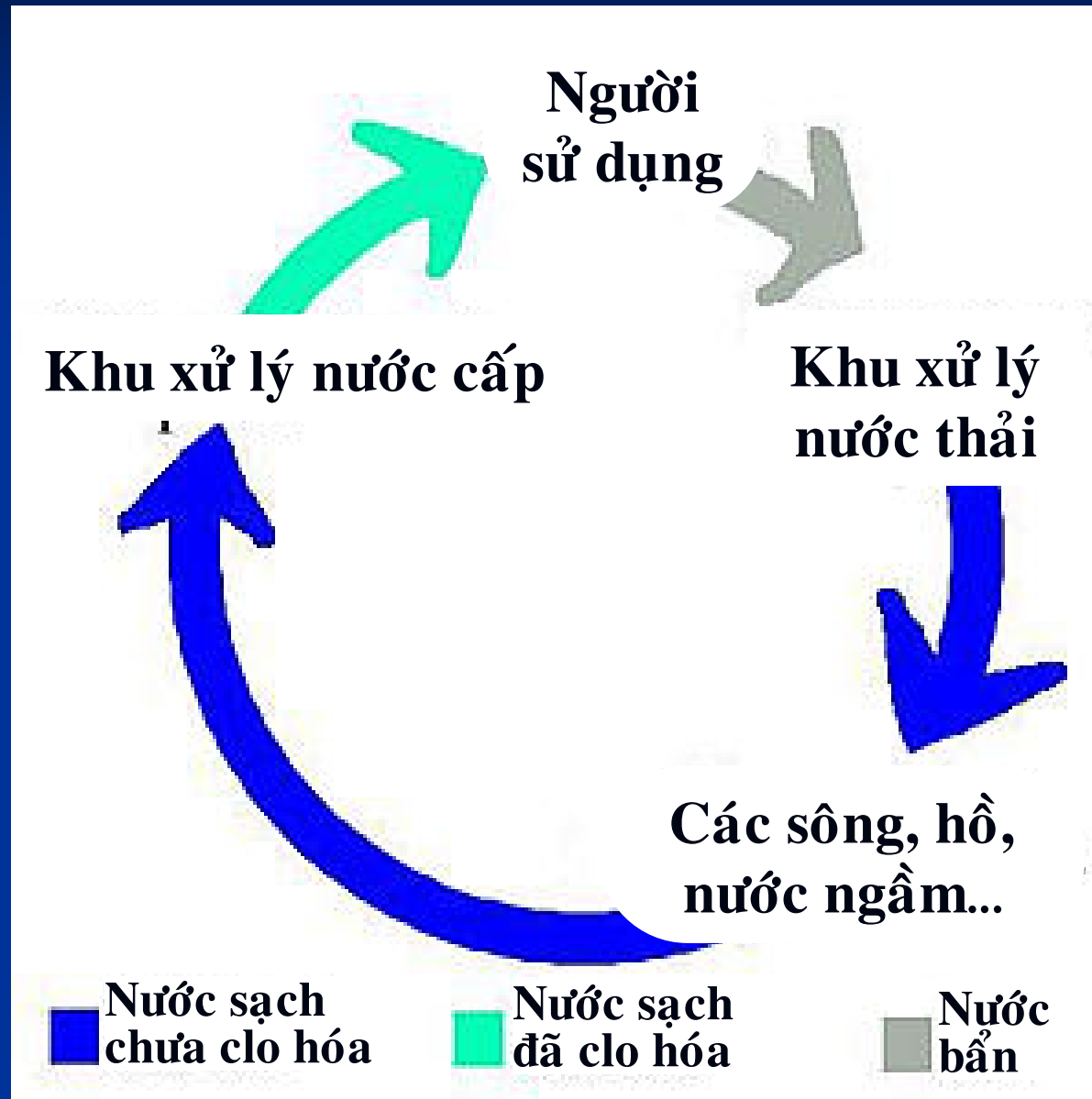
# Giới thiệu

- ❖ Nước thải là nguồn gốc gây nên ô nhiễm sông hồ và biển
- ❖ Nước thải gây nên các loại dịch bệnh lan truyền trong môi trường nước
- ❖ Xử lý nước thải là việc áp dụng các **quá trình Sinh - Hóa - Lý** nhằm làm giảm các chất gây ô nhiễm có trong nước
- ❖ Việc xử lý nước thải thường liên kết với việc cung cấp nước sạch

# Sự ô nhiễm

- ❖ Sự gia tăng các chất gây ô nhiễm trong nước đặc biệt là các chất hữu cơ khó phân hủy.
- ❖ Chất gây ô nhiễm thường tồn tại ở dạng rắn và lỏng.
- ❖ Nguồn gây ô nhiễm xuất phát từ quá trình sinh hoạt, sản xuất, các bệnh viện
- ❖ Trong nước có một lượng lớn vi sinh tham gia xử lý chất thải, tuy nhiên có rất nhiều vi sinh vật gây bệnh
- ❖ Các quá trình sinh học xảy ra trong nước thải đóng vai trò quan trọng trong việc phân hủy chất thải.
- ❖ Sự mất cân bằng trong chuỗi sinh thái môi trường nước sẽ gây nên hiện tượng ô nhiễm

# Vòng tuần hoàn nước và nước thải



# Chất thải

- ❖ Chất hữu cơ hòa tan, chất rắn lơ lửng, vi sinh vật (mầm bệnh) và một số các thành phần khác
- ❖ Nồng độ chất thải biến động theo từng ngày và theo mùa
- ❖ Trong nước thải điển hình, 75% SS và 40% chất hòa tan là hữu cơ.
- ❖ Chất vô cơ là sodium, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  và một ít kim loại nặng.
- ❖  $\text{BOD}_5$  từ 200 – 600 mg/l.

# Các thông số của mẫu nước thải sinh hoạt điển hình

| Thành phần                              | Nồng độ (mg/l) |
|---|----------------|
| Tổng chất rắn                           | 300 – 1200     |
| Chất rắn lơ lửng                        | 100 – 350      |
| Tổng carbon hữu cơ                      | 80 – 290       |
| BOD <sub>5</sub>                        | 110 – 400      |
| COD                                     | 250 – 1000     |
| Tổng nitrogen                           | 20 – 85        |
| Ammonia (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | 12 – 50        |
| Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) | 0              |
| Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | 0              |
| Tổng phosphorus                         | 4 - 15         |

# Chức năng của các hệ thống xử lý nước thải

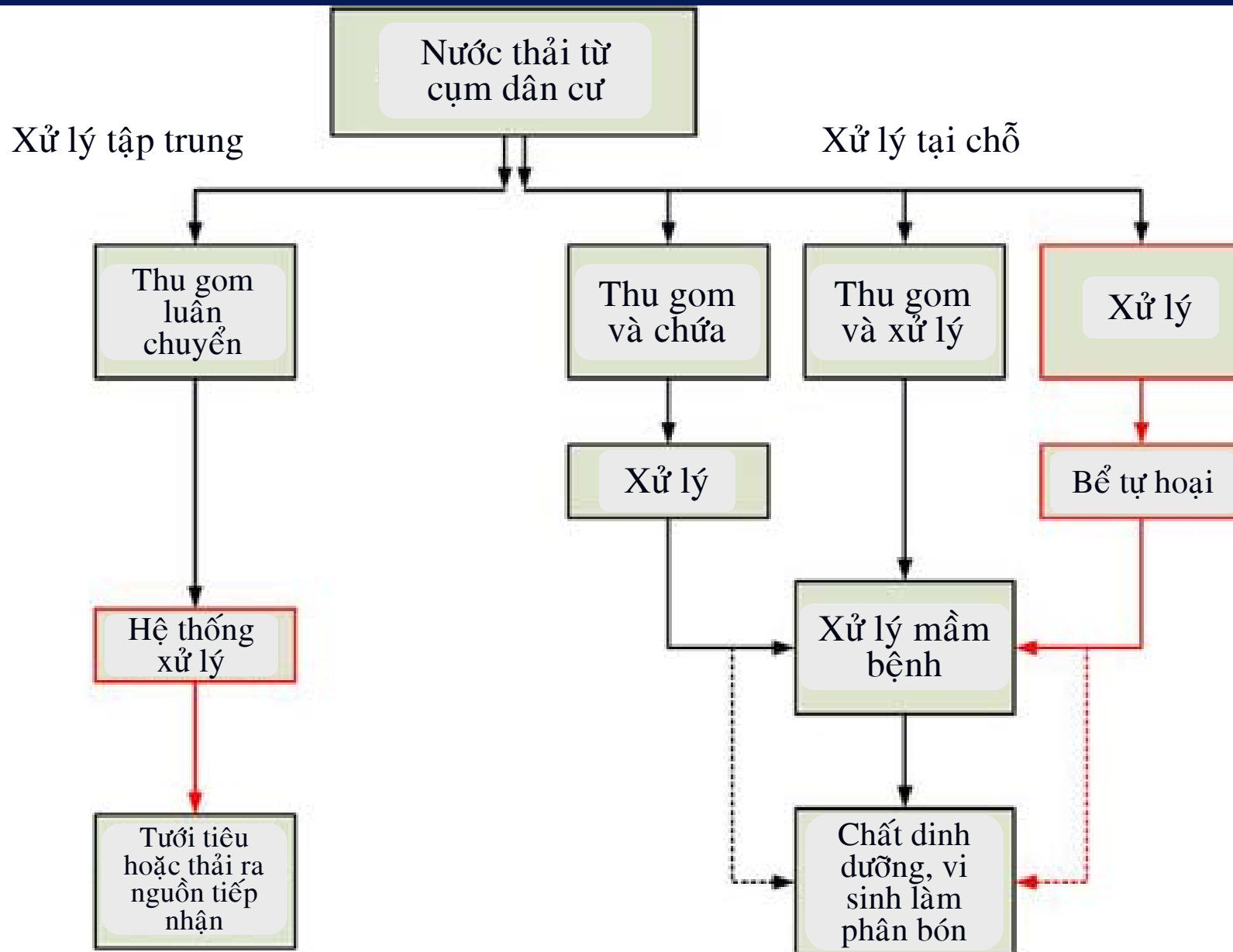
- ★ Chức năng chính của các hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt là làm giảm thành phần hữu cơ tối đa để đổ ra sông và nước ven bờ mà không gây nên sự ô nhiễm dưỡng chất
- ★ Hệ thống xử lý loại chất hữu cơ lơ lửng, giảm thành phần gây bệnh, loại nitrate, kim loại nặng và các hóa chất nhân tạo.

# Chức năng của các hệ thống xử lý nước thải

- ✦ Chất lượng nước đã được xử lý đi vào nguồn tiếp nhận phụ thuộc vào thể tích, tình trạng nguồn tiếp nhận và khả năng pha loãng nước thải của nó, thường thì  $20 \text{ mg/l BOD}_5$  :  $30 \text{ mg/l SS}$  và pha loãng 8 lần.
- ✦ Với lượng nước thải rất lớn hàng ngày đòi hỏi một quy mô rất lớn cho việc xử lý nhưng đối với công nghệ sinh học thì vấn đề đó sẽ được giải quyết một cách hiệu quả.

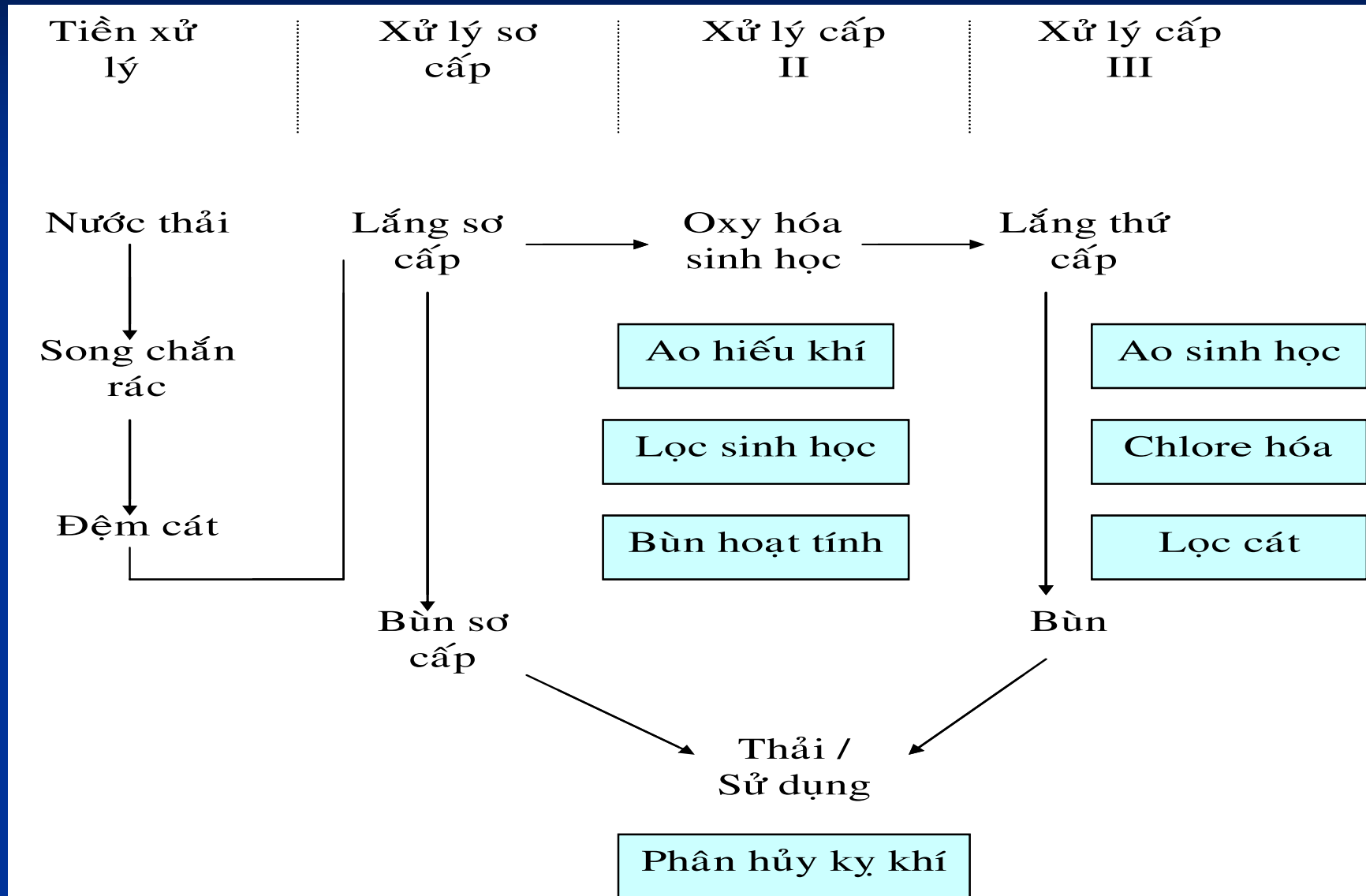


# Sơ đồ quy hoạch hệ thống XLNT sinh hoạt



# Quy trình xử lý nước thải

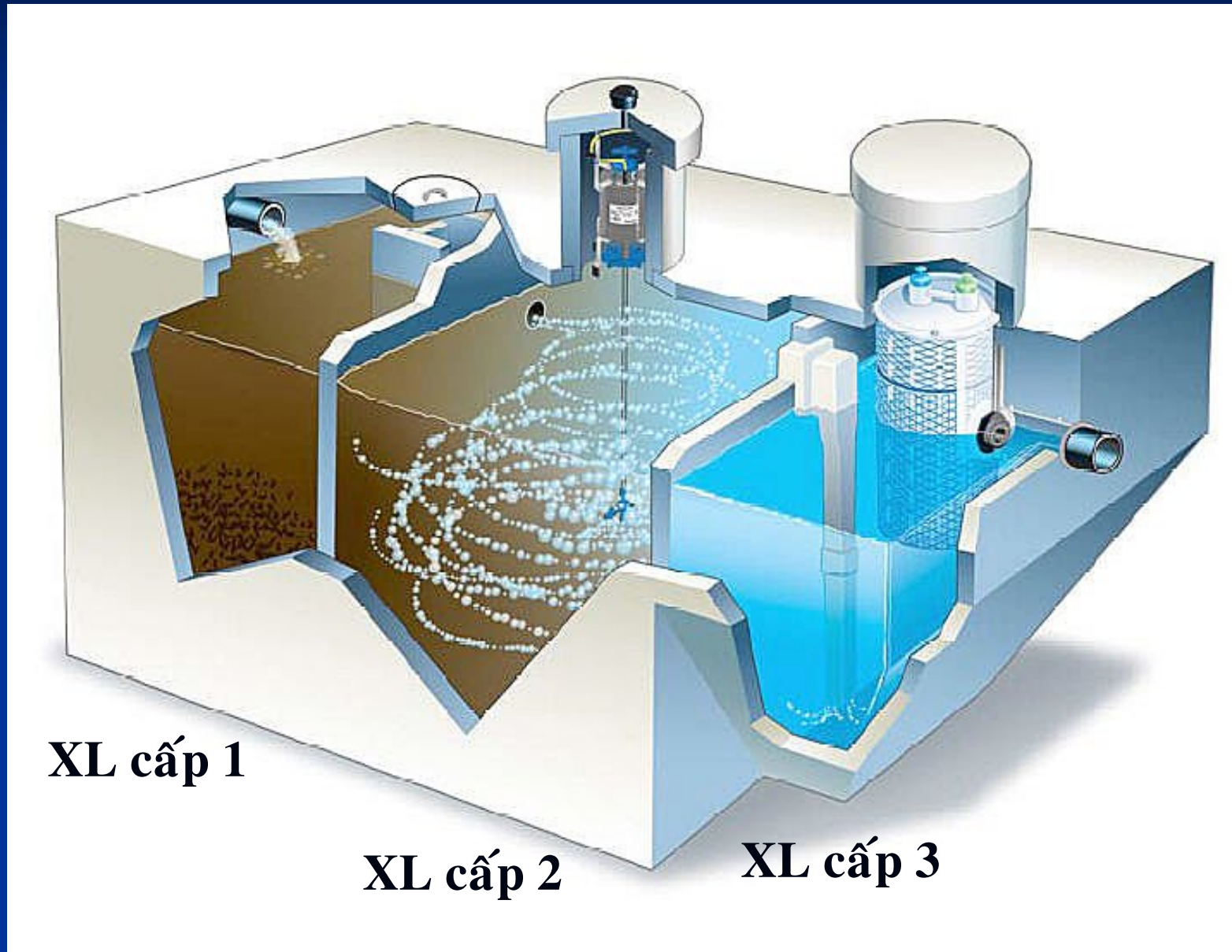
# Các giai đoạn xử lý nước thải



# Các giai đoạn xử lý nước thải

- **Xử lý cấp 1**: cho phép lắng từ 1.5 – 2.5 giờ để loại SS và làm giảm BOD5 từ 40 – 60%.
- **Xử lý cấp 2**: nước thải từ XLC1 chứa 40-50% chất rắn lơ lửng. Trong giai đoạn này các quá trình sinh học diễn ra để loại thải chất hữu cơ
  - *Quá trình kỵ khí và hiếu khí, xử lý hiếu khí thường nhanh và được ứng dụng nhiều.*
  - *Quá trình xử lý kỵ khí hoặc hiếu khí thường được sử dụng như ao sinh học, lọc nhỏ giọt, bùn hoạt tính, bể tiếp xúc sinh học quay và phân hủy kỵ khí.*
- **Xử lý cấp 3**: loại thải phosphate, nitrate và vi sinh vật nhằm làm cho nước có thể uống được và ngăn cản phú dưỡng.
  - *Kết tủa hóa học, khử trùng bằng chlorine, lọc qua cát và sử dụng ao lắng.*

# Mô hình mô tả các giai đoạn xử lý nước thải



**XL cấp 1**

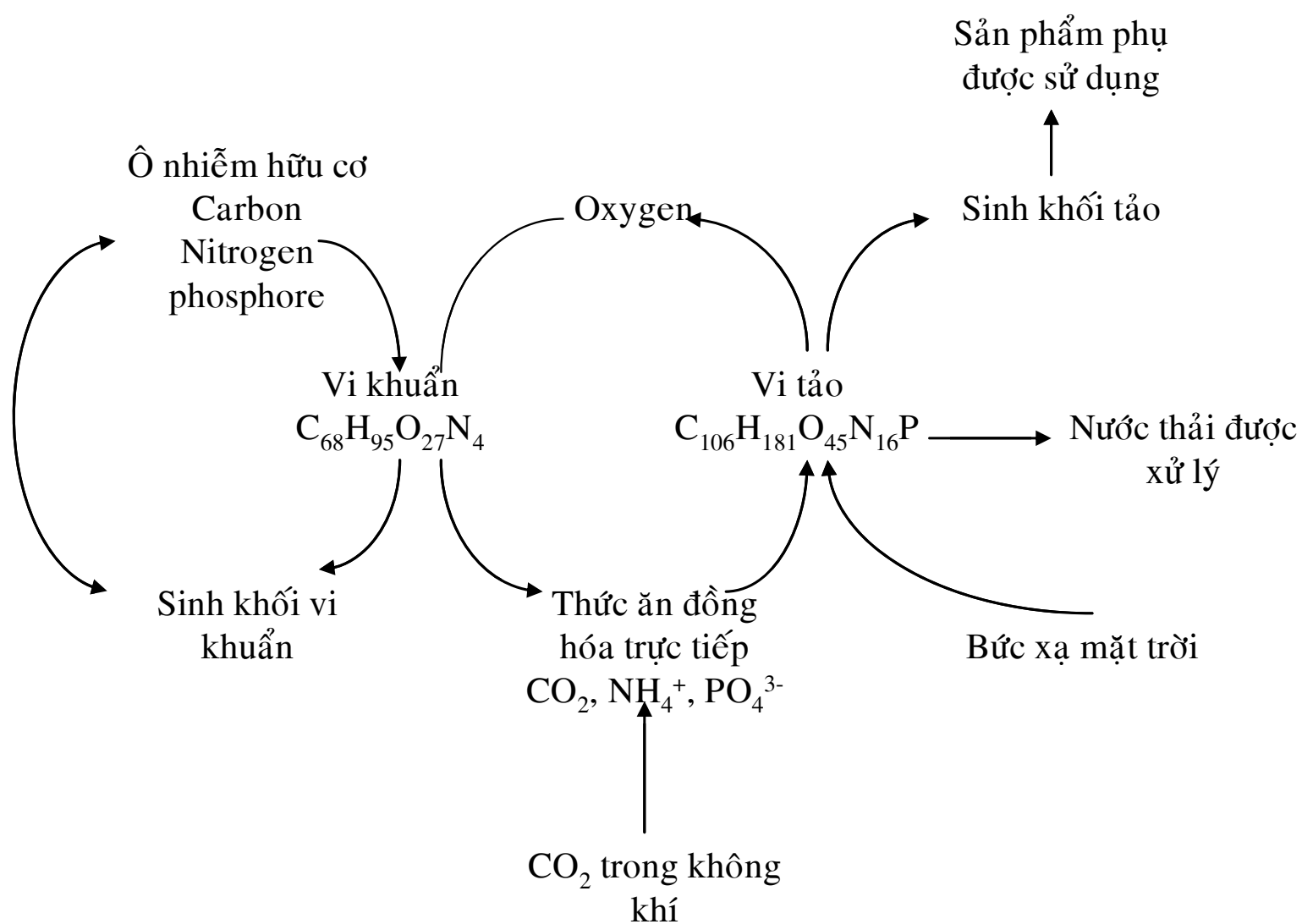
**XL cấp 2**

**XL cấp 3**

# Hồ sinh học

- Thường áp dụng cho những vùng có nhiều ánh sáng
- Ao tùy nghi thường nông (1-2.5 m) và các quá trình sinh học diễn ra như ở hình (làm sạch nước thải bằng vi tảo và vi sinh vật).
- Ao hiếu khí nông hơn ao tùy nghi, thường 1 m để ánh sáng có thể chiếu xuyên đến đáy được.
  - *Ao sinh học tốc độ cao nhằm bảo đảm quá trình đồng hóa của tảo diễn ra mạnh tăng sinh khối tảo.*

# Quá trình làm sạch nước thải bằng tảo và vi sinh vật theo W. J. Oswald (1977)



➤ **Ao lắng** có kết cấu giống với ao tùy nghi nhưng được sử dụng ở giai đoạn 3 với thời gian lưu nước lâu hơn từ 7 – 15 ngày cho phép chất rắn có thể được lắng trước khi nước được thải ra ngoài.

➤ **Ao kỵ khí** chủ yếu được sử dụng để xử lý nước thải trước khi đi vào ao tùy nghi. Các ao thích hợp cho giá trị BOD cao 300 mg/l.

✓ *Các điều kiện kỵ khí được duy trì bằng cách tăng độ sâu của ao từ 1 – 7m và tăng tải lượng BOD. Thời gian lưu nước từ 2 – 160 ngày với khả năng loại thải BOD từ 70 – 80%*

✓ *Ao kỵ khí không giống các ao khác được sử dụng trong xử lý cấp I của nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp.*



Nước thải  
(BOD trên 300 mg/l)



Ao kỵ khí

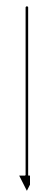
Giai đoạn sơ cấp



BOD giảm 50-70%  
trong 1- 5 ngày

Ao tùy nghi

Giai đoạn II



20-40 ngày

Ao lắng

Giai đoạn III

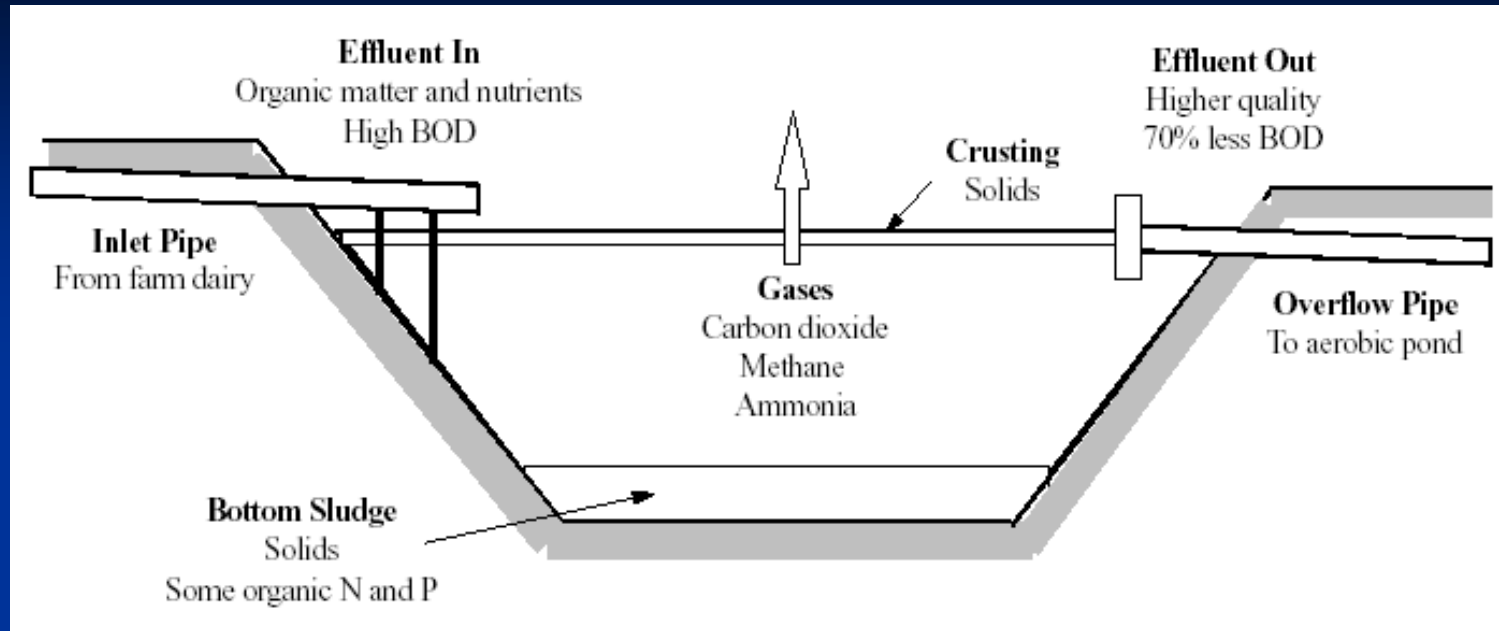


1-7 ngày

Nước đầu ra  
(BOD < 25mg/l)

Thứ tự các ao dùng cho xử lý nước thải

# Ao kỵ khí

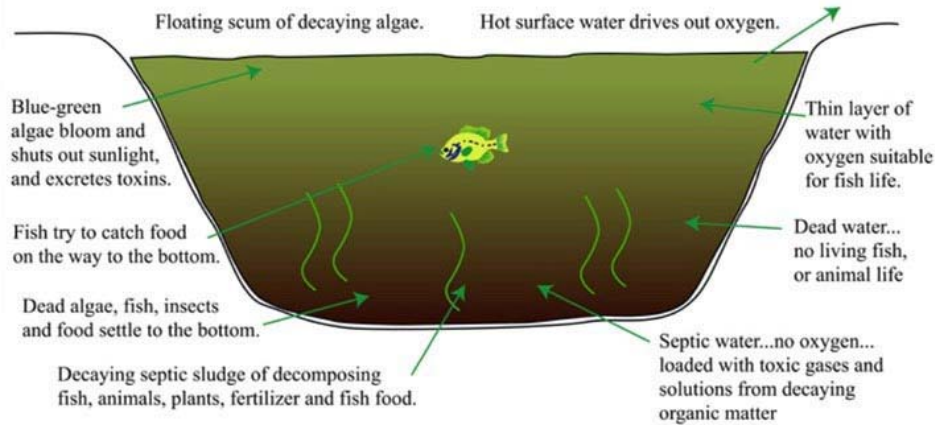


# Các dạng ao hiếu khí



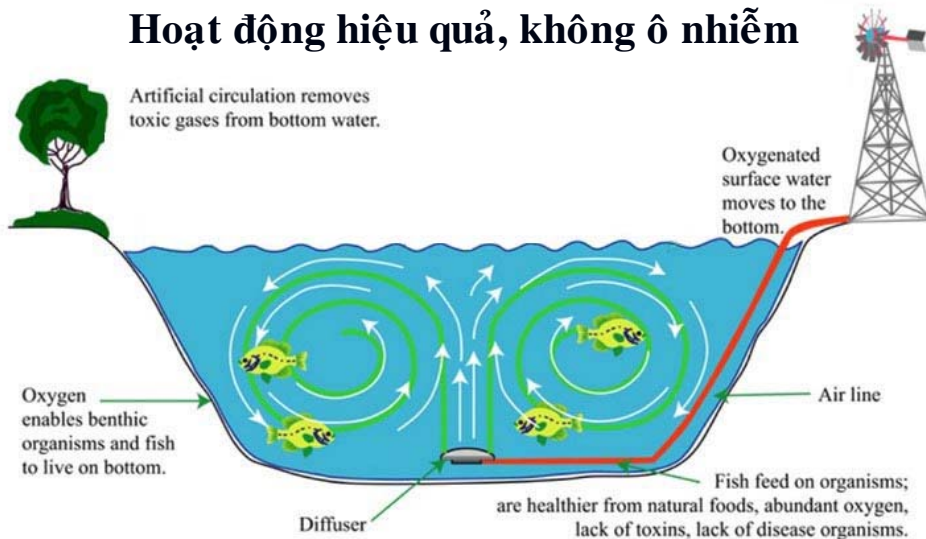
# TRƯỚC

## Hiện tượng phú dưỡng



# SAU

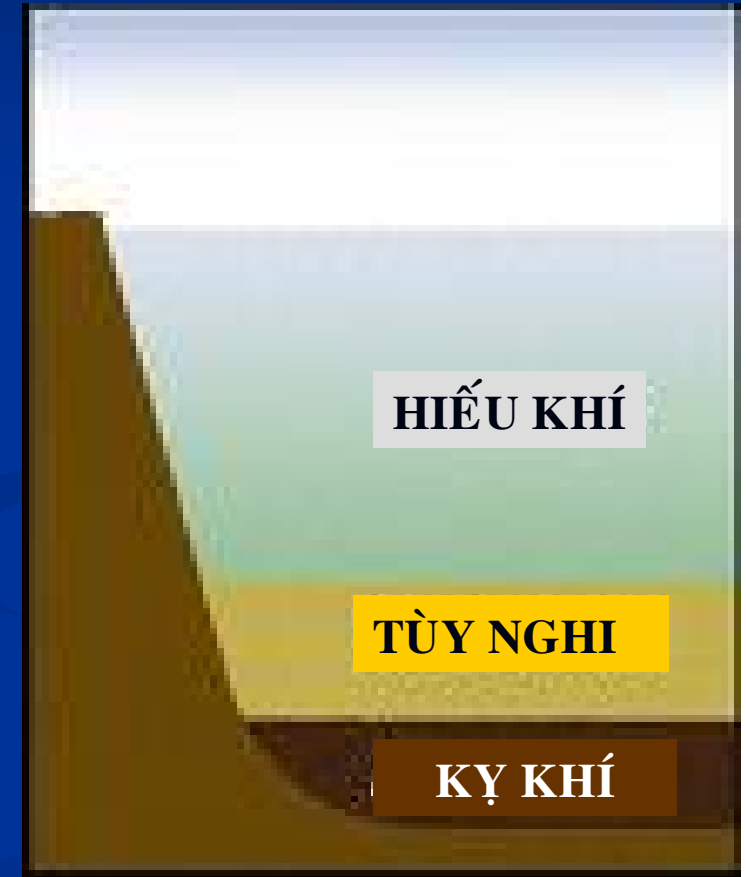
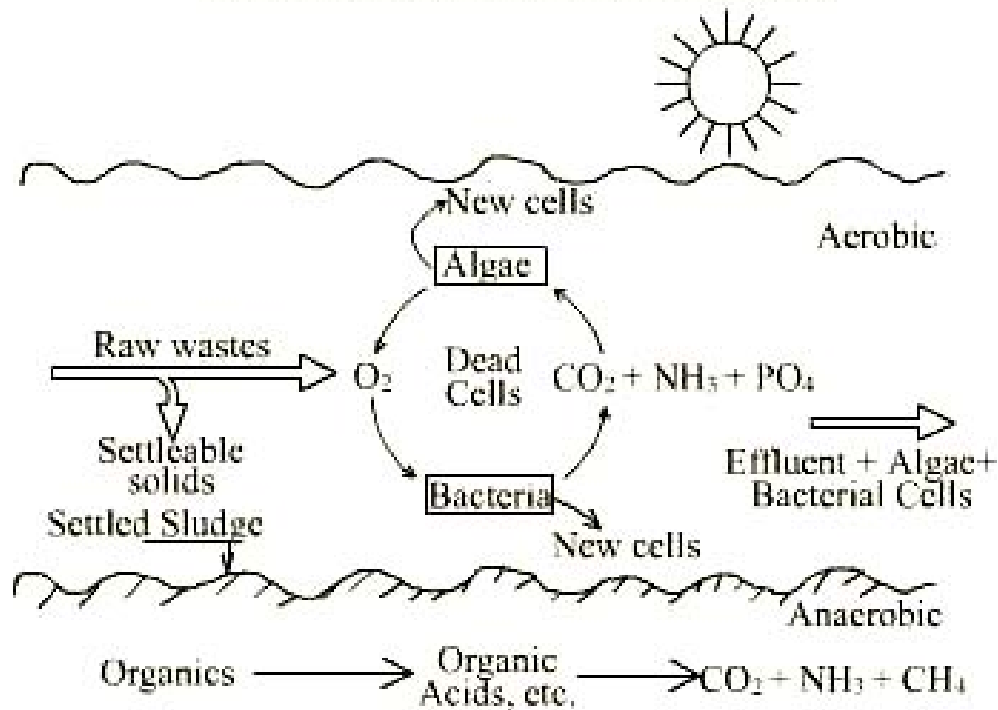
## Hoạt động hiệu quả, không ô nhiễm



So sánh hiệu quả xử lý nước thải trước và sau khi áp dụng Ao hiếu khí

# Ao tùy nghi

SYMBIOTIC RELATIONSHIP AND FUNCTIONING OF FACULTATIVE STABILIZATION POND



# Các thông số đối với ao tùy nghi

| <b>Thông số</b>                 | <b>Đơn vị</b> | <b>Giá trị</b> |
|---------------------------------|---------------|----------------|
| Độ sâu                          | m             | 1 – 3          |
| Thời gian lưu nước              | ngày          | 7 – 50         |
| Tải lượng BOD                   | kg/acre/ngày  | 9 – 22         |
| BOD <sub>5</sub> được xử lý     | %             | 70 – 95        |
| Nồng độ tảo                     | mg/l          | 10 – 100       |
| Nồng độ chất rắn lơ lửng đầu ra | mg/l          | 100 - 350      |

# Lọc nhỏ giọt

- ❖ Hầu hết vi sinh vật trong tự nhiên thường bám vào bề mặt chất rắn và được biết là màng sinh học.
- ❖ Màng sinh học phát triển trên bề mặt vật liệu, được cấu tạo chủ yếu là vi khuẩn và nấm.
- ❖ Màng sinh học ngày càng dày thêm, các lớp sẽ được tách ra và những chất rắn lơ lửng này được thu lại trong một bể lắng.

# Hệ thống phân phối nước

- Vai trò: phun nước lên bề mặt vật liệu lọc
- Cấu tạo: ống đứng ở tâm bể  
2, 3 ống nhánh, có vòi hoặc lỗ phun
- Ống nhánh:
  - Quay: tốc độ quay: 1 vòng/ 10 phút
  - Cố định: bố trí lỗ phun nước phân bố đều trên mặt bể



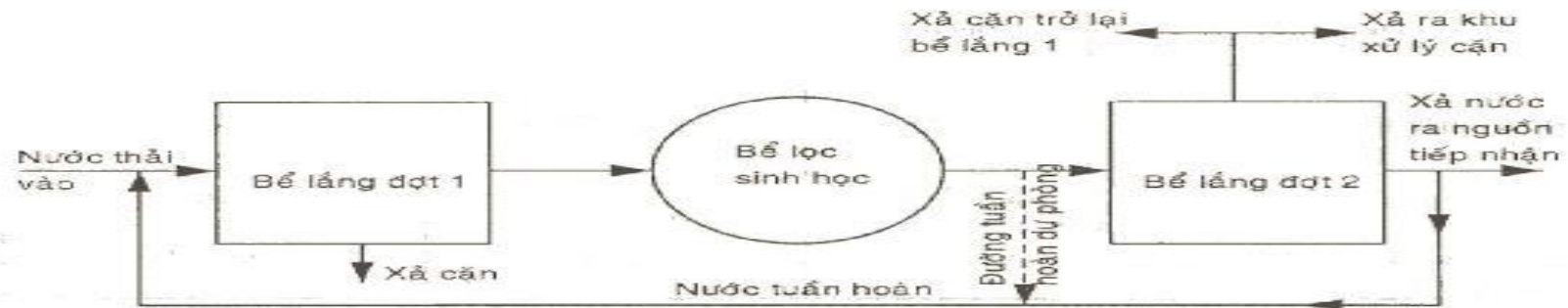
# Sàn đỡ và thu nước

- Vai trò: Thu nước chứa mảnh vỡ của màng sinh học  
Phân phối đều gió vào bể lọc
- Cấu tạo: - vật liệu
  - có khe hở hoặc lỗ thoát nước và khí
  - khoảng cách đến đáy bể: 0,6- 0,8 m
  - độ nghiêng: 1 -2% về máng trung tâm

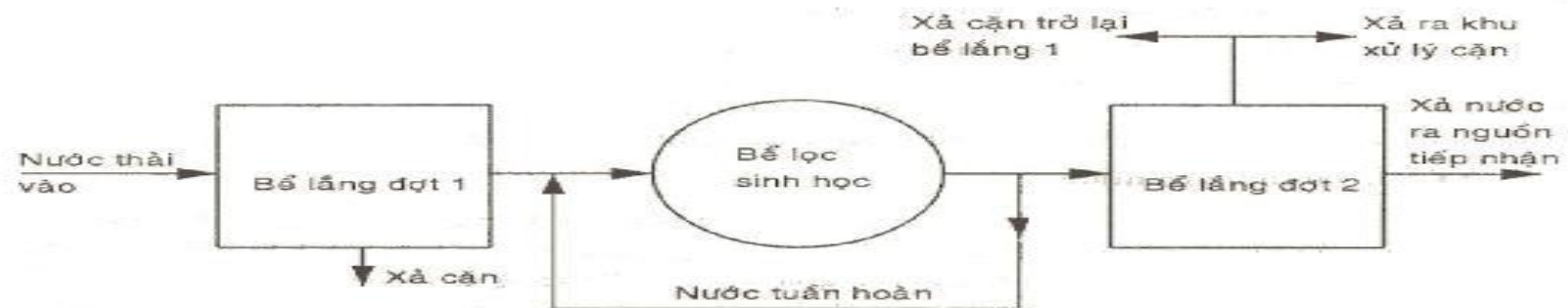
# Phân loại bể lọc sinh học nhỏ giọt

| THÔNG SỐ                                  | ĐƠN VỊ ĐO                            | TẢI TRỌNG THẤP              | TẢI TRỌNG CAO                       |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Chiều cao lớp vật liệu                    | m                                    | 1 -3                        | 0,9 -2,4 (đá)<br>6 -8 (Nhựa)        |
| Loại vật liệu                             |                                      | Đá cục, đá ong, cuội, than. | Đá cục, than cục, sỏi lớn, nhựa đúc |
| Tải trọng BOD                             | Kg BOD/<br>m <sup>3</sup> .ngày      | 0.08-0.4                    | 0.4 – 1.6                           |
| Tốc độ tải thủy                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .ngày | 1-4.1                       | 4.1 -40.7                           |
| Hệ số tuần hoàn                           | $R = Q_C / Q$                        | Tùy chọn : 0 -1             | 0.5 – 2                             |
| Tốc độ tải thủy trên bề mặt của bể lắng 2 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .ngày | 25                          | 16                                  |
| Hiệu quả xử lí BOD sau lọc và lắng 2      | %                                    | 80 -90                      | 65 -85                              |

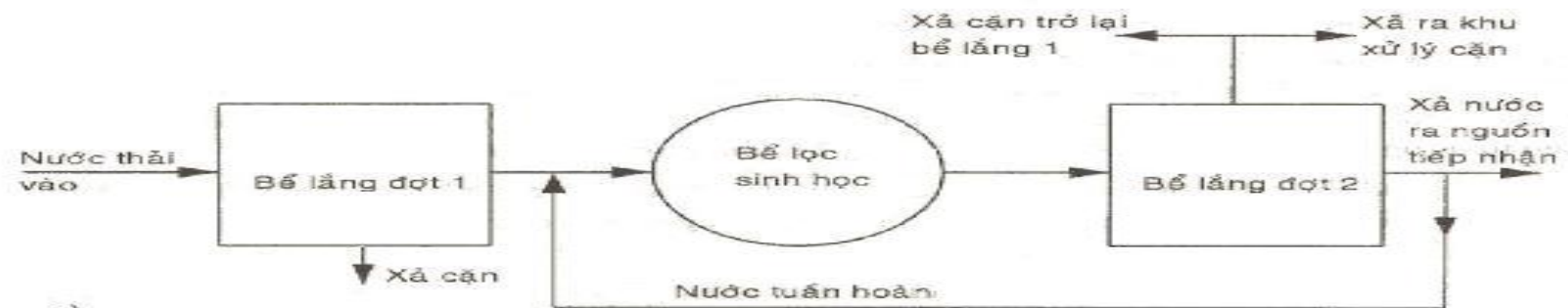
# Tuần hoàn nước



a)



b)



c)

Hình 3-5.

Các sơ đồ tuần hoàn nước ở bể lọc sinh học

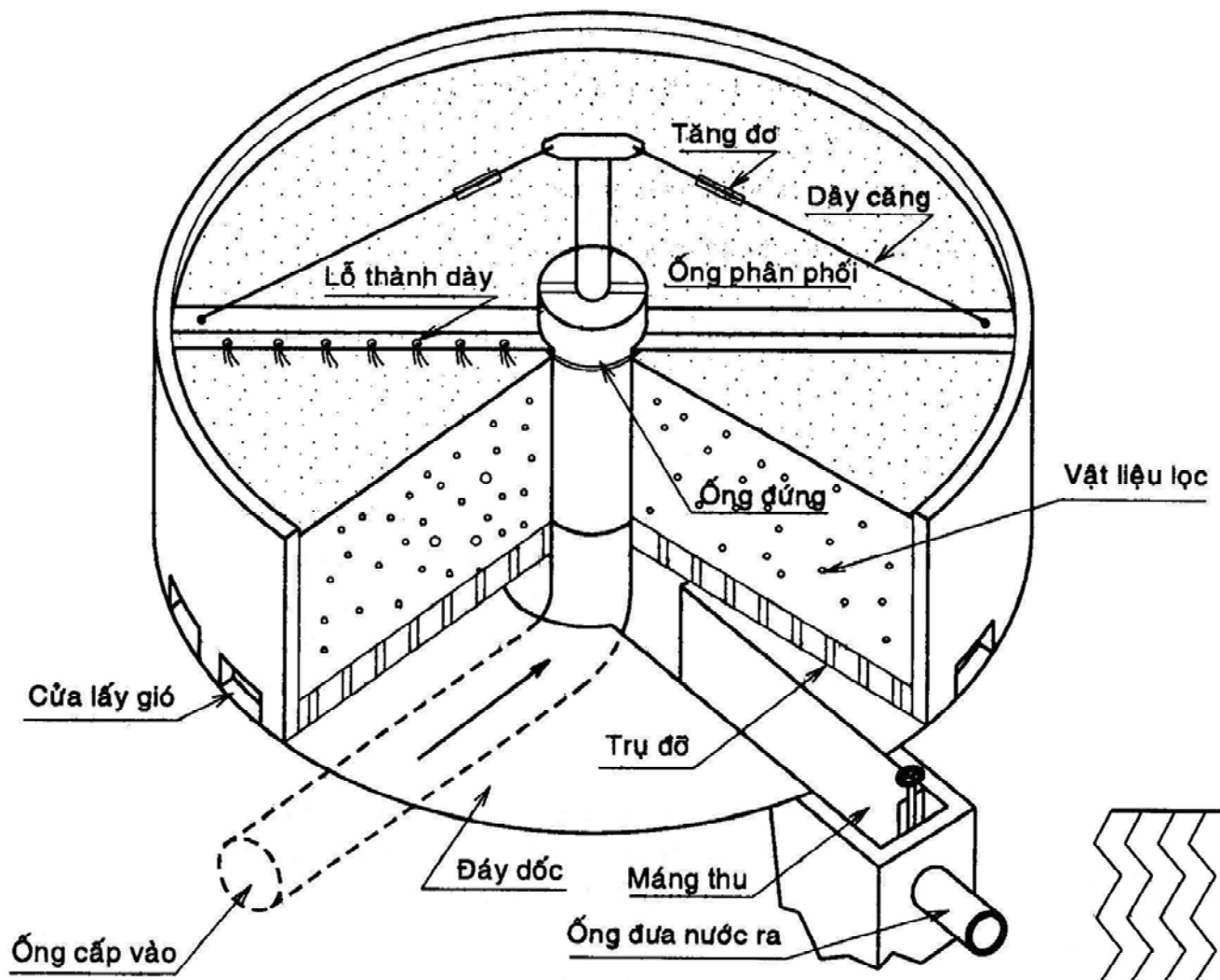
# Lọc nhỏ giọt

❖ Các hệ thống lọc được sử dụng rộng rãi cho xử lý cấp II bởi vì

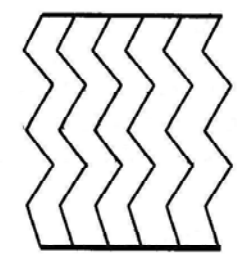
✓ *Chi phí xây, vận hành và bảo dưỡng thấp*

✓ *Thích ứng với sự thay đổi của các thành phần nước thải.*

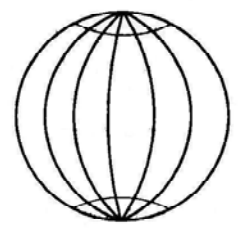
❖ Lọc sinh học được sử dụng trong một quá trình đơn, cho nước đầu ra có tiêu chuẩn cao.



## Cấu tạo Bể lọc sinh học nhỏ giọt



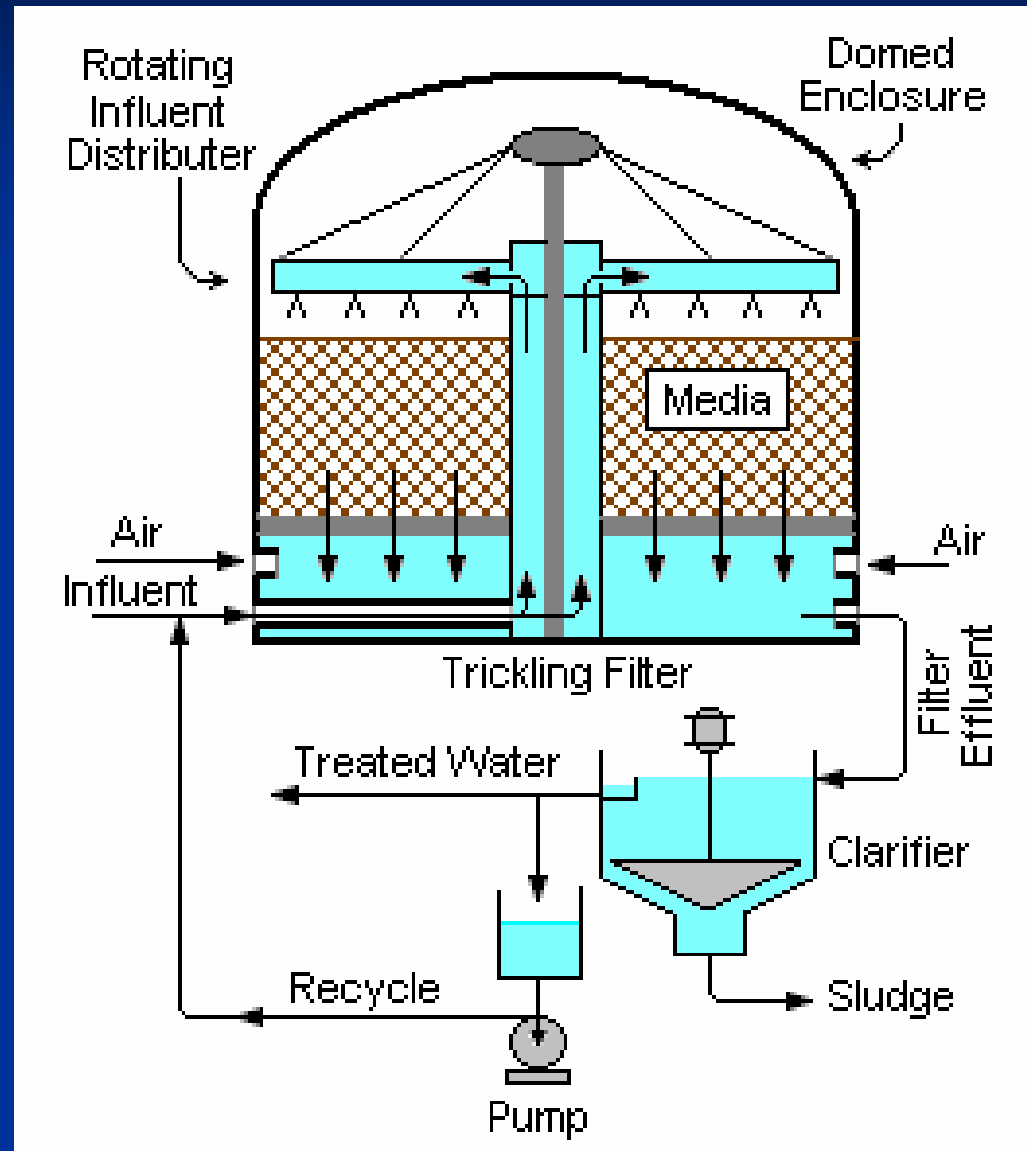
a) Tấm nhựa gấp nếp



b) Quả cầu có khe rỗng

## Vật liệu lọc

# Lọc nhỏ giọt



# Ứng dụng lọc nhỏ giọt ngoài thực tế

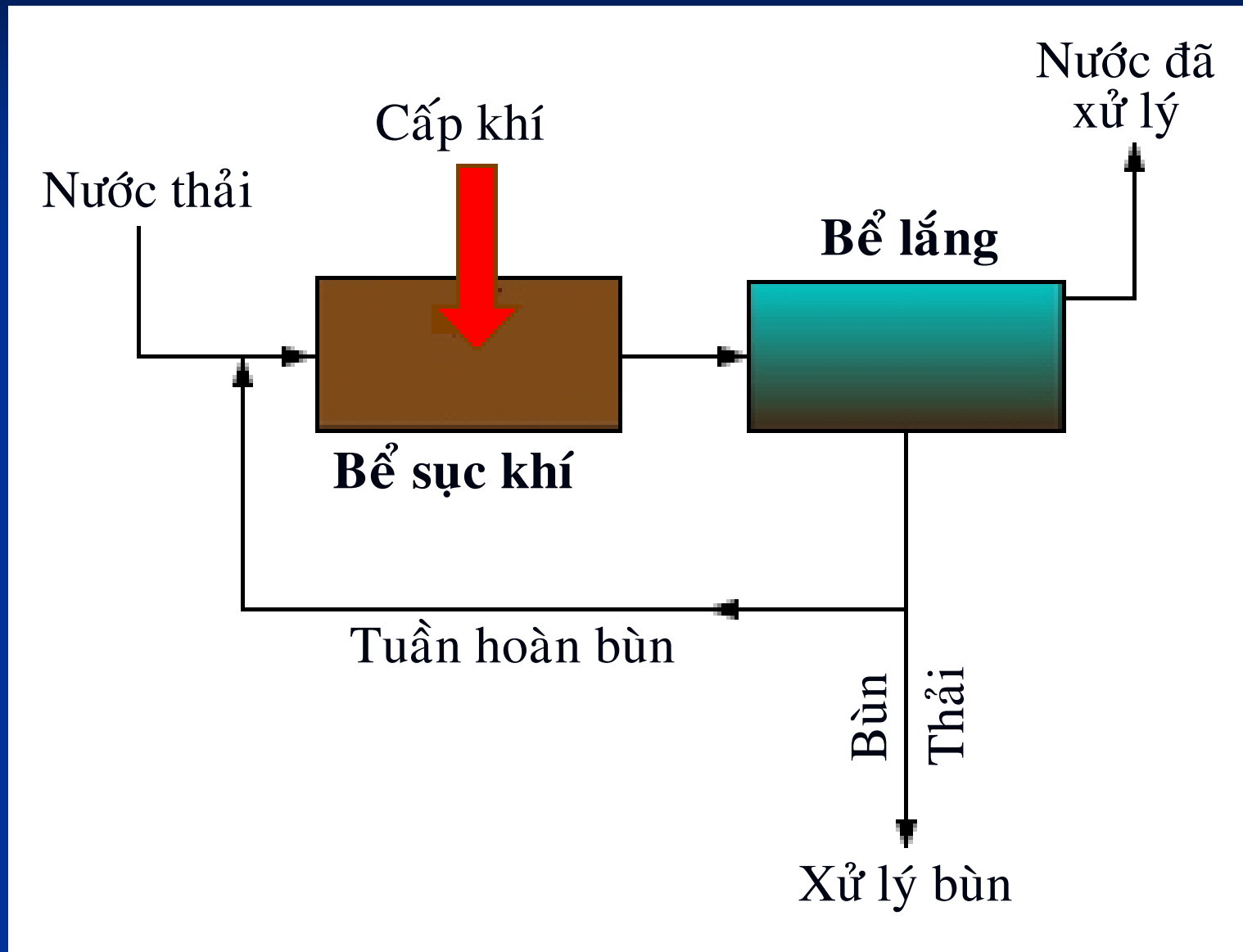


# Quá trình bùn hoạt tính

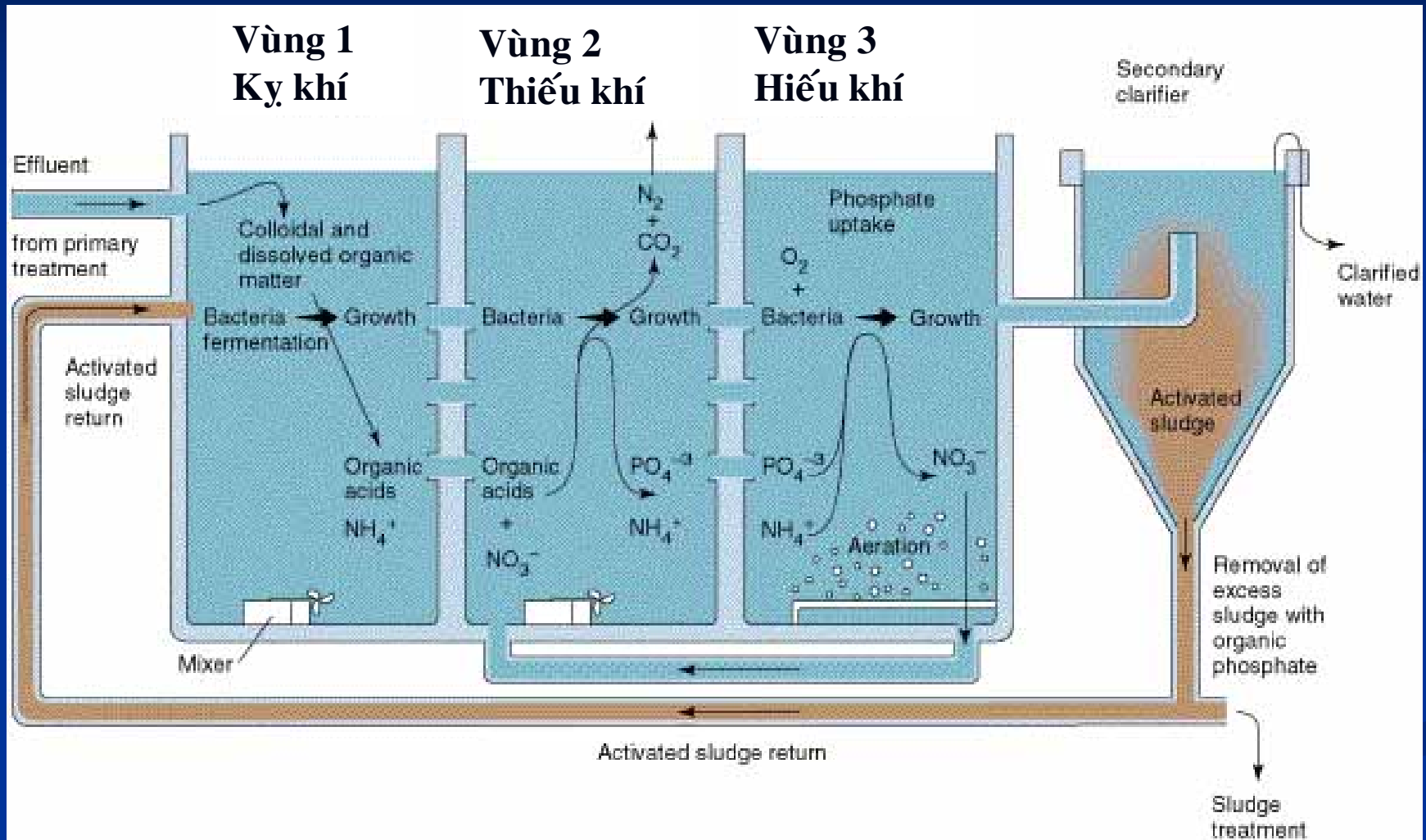
- Trong quá trình này chất thải được đưa vào trong bể tiếp xúc với nồng độ vi sinh vật cao trong điều kiện hiếu khí
- Chất thải từ giai đoạn I chảy liên tục vào trong bể hiếu khí để tạo nên dòng chảy nơi mà sự đồng hóa sinh khối các thành phần hữu cơ, tạo nên nhiều tế bào hơn và sinh khối .
- Sự vận hành bình thường và hệ thống dòng chảy trong một bể hình chữ nhật, thường rộng 6 – 10 m và dài 30 – 100 m sâu 4 – 5 m .



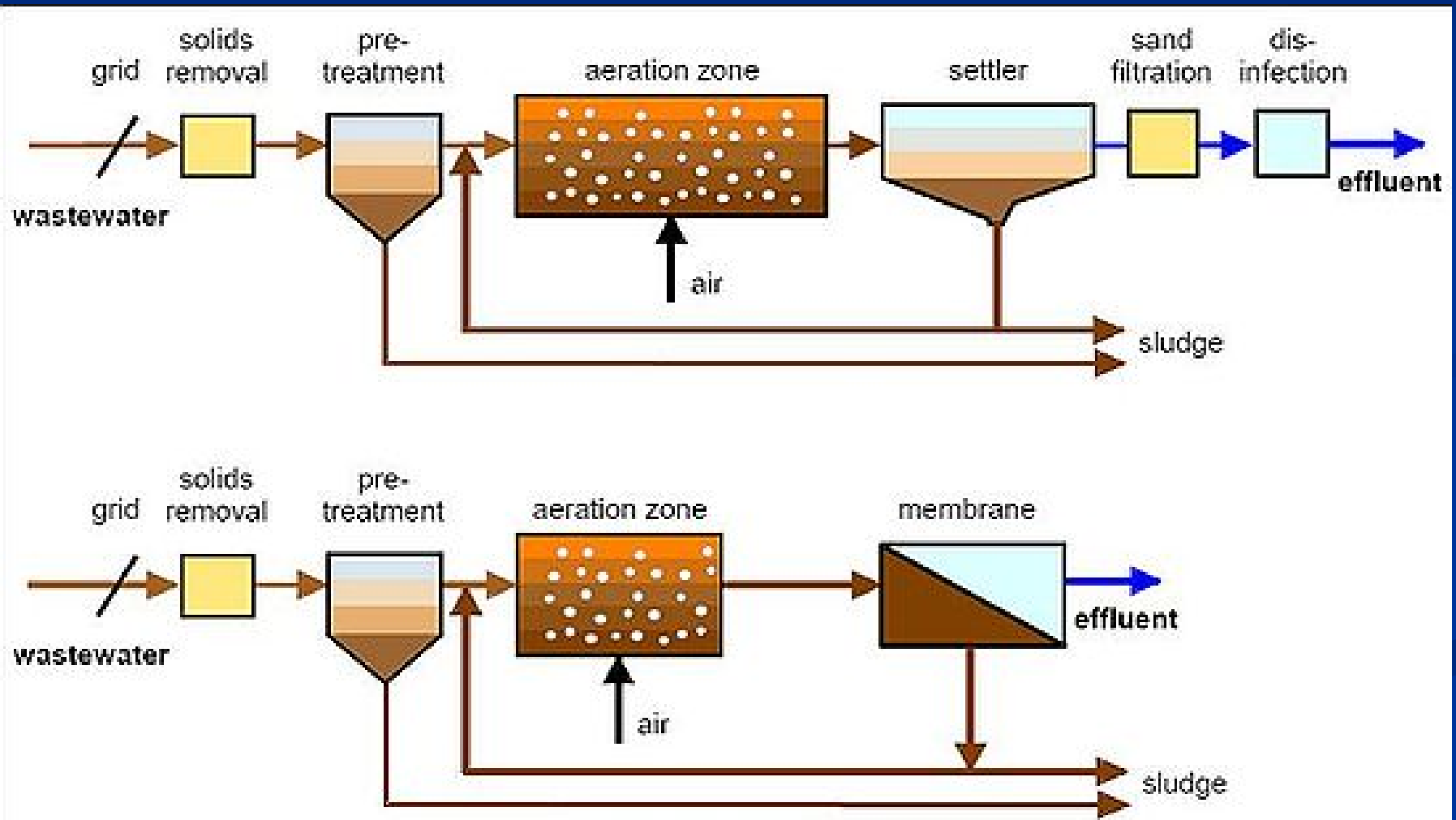
# Nguyên tắc quá trình bùn hoạt tính



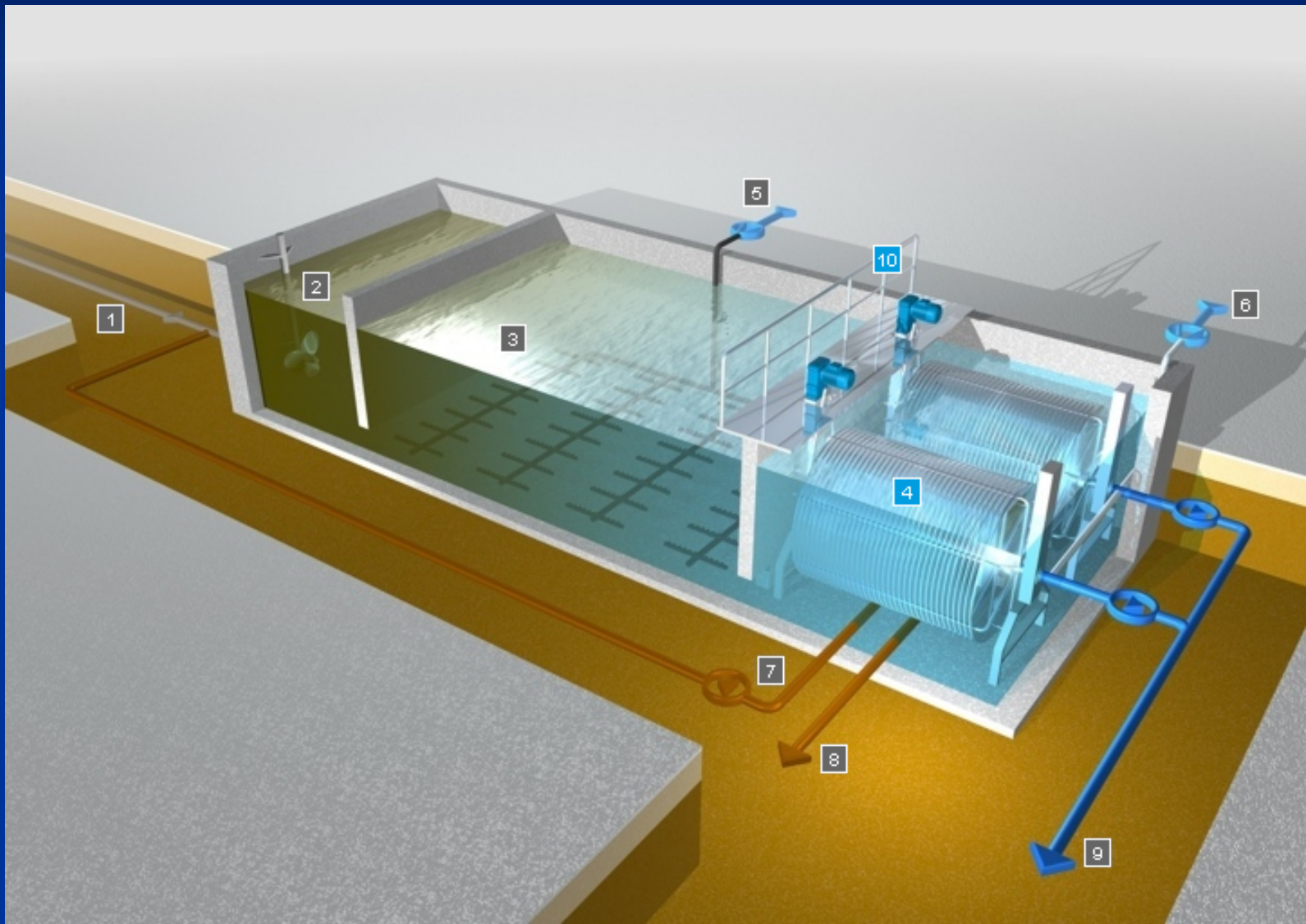
# Các cơ chế phản ứng trong quá trình bùn hoạt tính



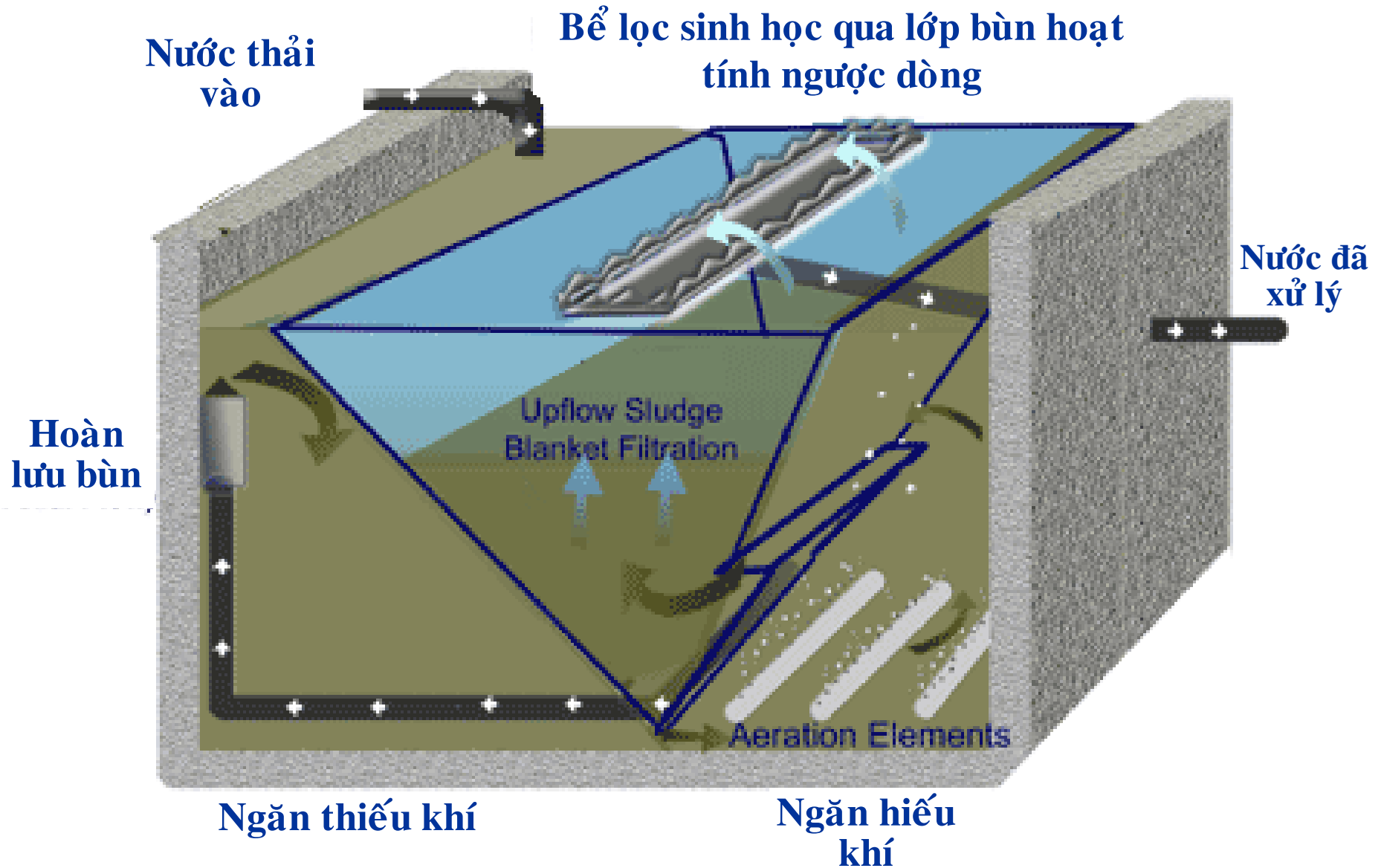
# Liên kết với các quá trình khác



# Bể lọc sinh học màng



# Tích hợp các quá trình bùn hoạt tính



# Ứng dụng trong thực tế



# Thời gian lưu nước, bùn

- Thời gian lưu nước ở bể hiếu khí ít nhất là 5 giờ
- Tải lượng hữu cơ đối với lọc nhỏ giọt từ 0.4 – 1.2 kg BOD/m<sup>3</sup>/ngày.
- Tải lượng bùn là tỉ số giữa chất hữu cơ phân hủy được so với sinh khối hoạt hóa

$$\text{Tải lượng bùn} = \frac{\text{Lưu lượng x BOD}}{\text{Thể tích x sinh khối}}$$

- Tải lượng bùn giao động trong khoảng 0.15, nhưng đối với hệ thống bùn hoạt tính có thể lên đến 0.6.
- Độ tuổi của bùn 2-3 ngày và thời gian lưu nước từ 5 – 14 giờ

# Sục khí

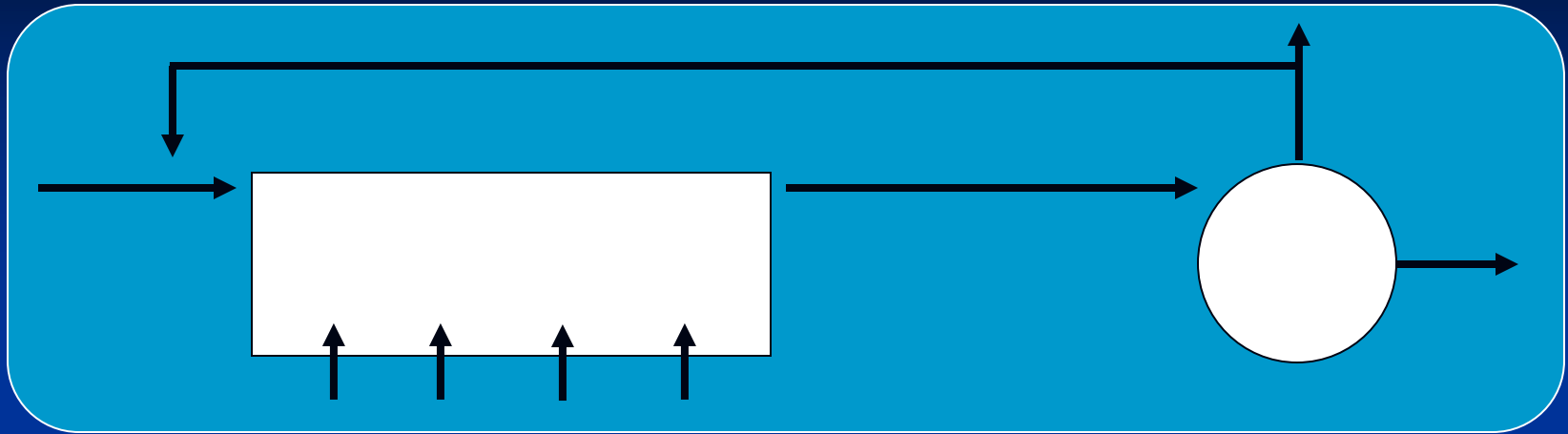
- Vì bùn hoạt tính là một quá trình hiếu khí được xem là hiệu quả khi được tăng cường cung cấp oxygen và tránh giới hạn oxygen
- Khí được cấp qua các hệ thống lỗ mịn và có thể được phun với áp suất cao, với mục đích đánh tan các chất rắn dính bám trên bề mặt thiết bị .
- Giai đoạn tiếp xúc thường 0.5 – 1.0 giờ, chất thải được ổn định và trở lại bể sục khí khoảng 5 giờ để hoàn tất quá trình oxy hóa



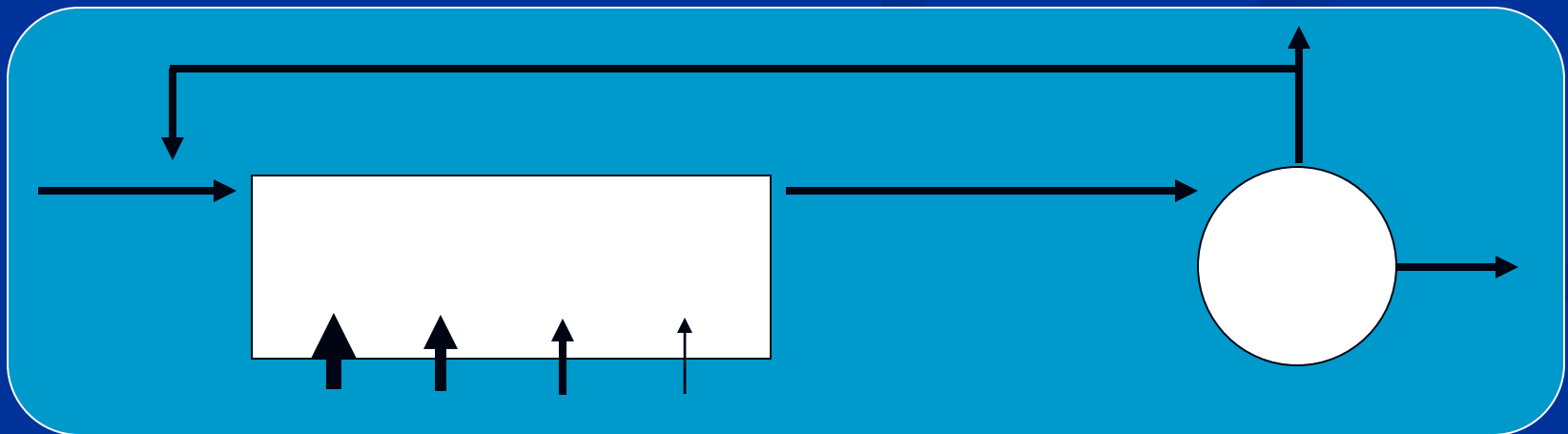
# Sục khí

- Các hệ thống luân phiên của quá trình bùn hoạt tính gồm: *hiếu khí truyền thống, sục khí giảm, ổn định tiếp xúc, hiếu khí từng bước, bùn tăng cường*
- Những thuận lợi của hệ thống là sự sục khí tăng cường, cho phép tăng tải lượng BOD, và có khả năng chịu đựng sốc BOD.
- Sự không thuận lợi là bùn sinh ra khó ổn định hơn

# Sục khí truyền thống

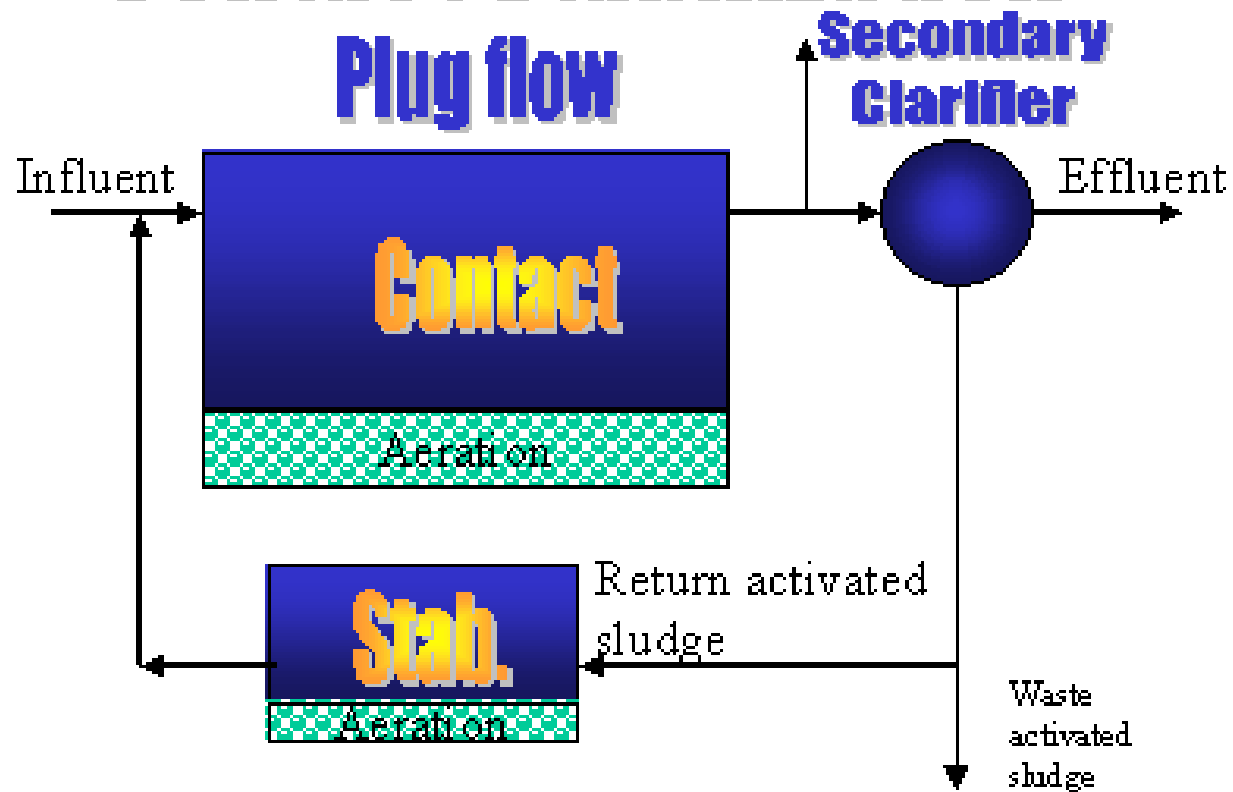


# Sục khí giảm dần



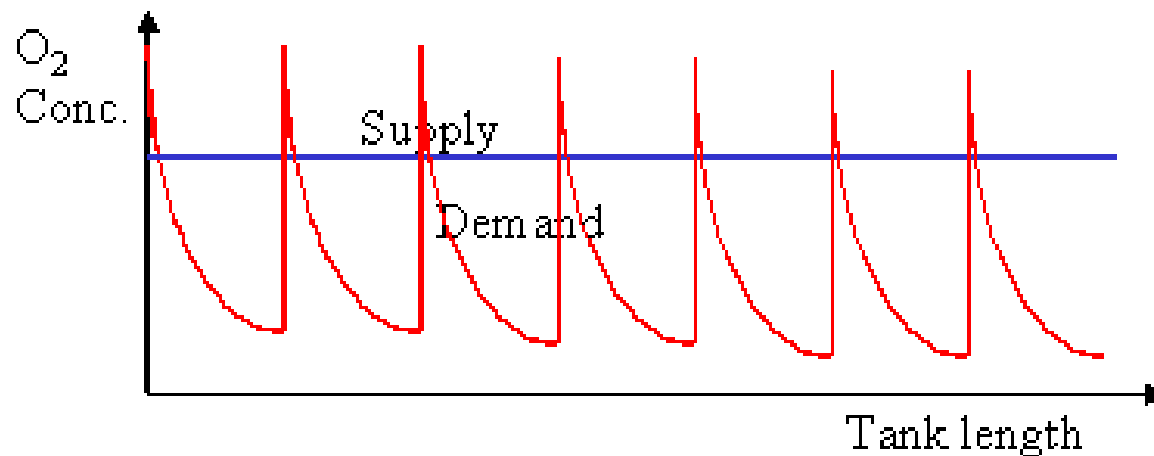
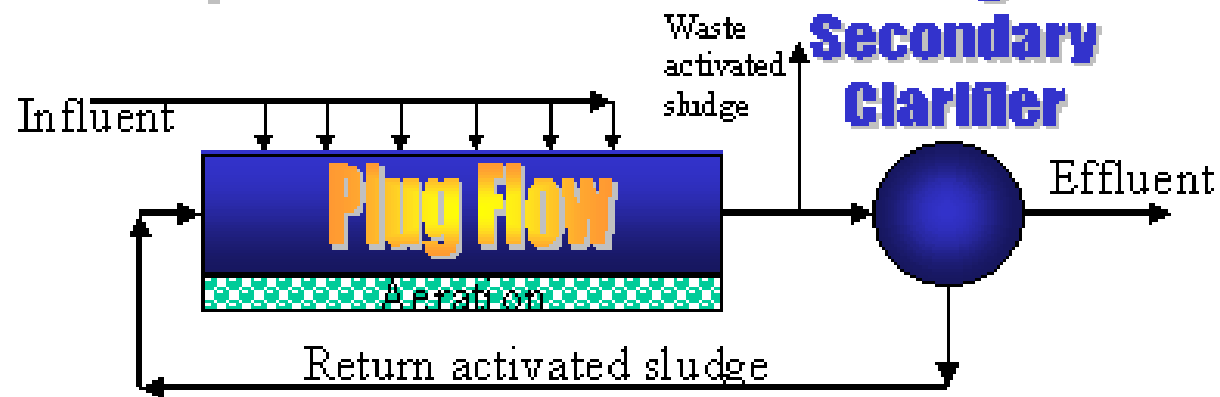
# Ổn định tiếp xúc

## Contact Stabilization Plug flow

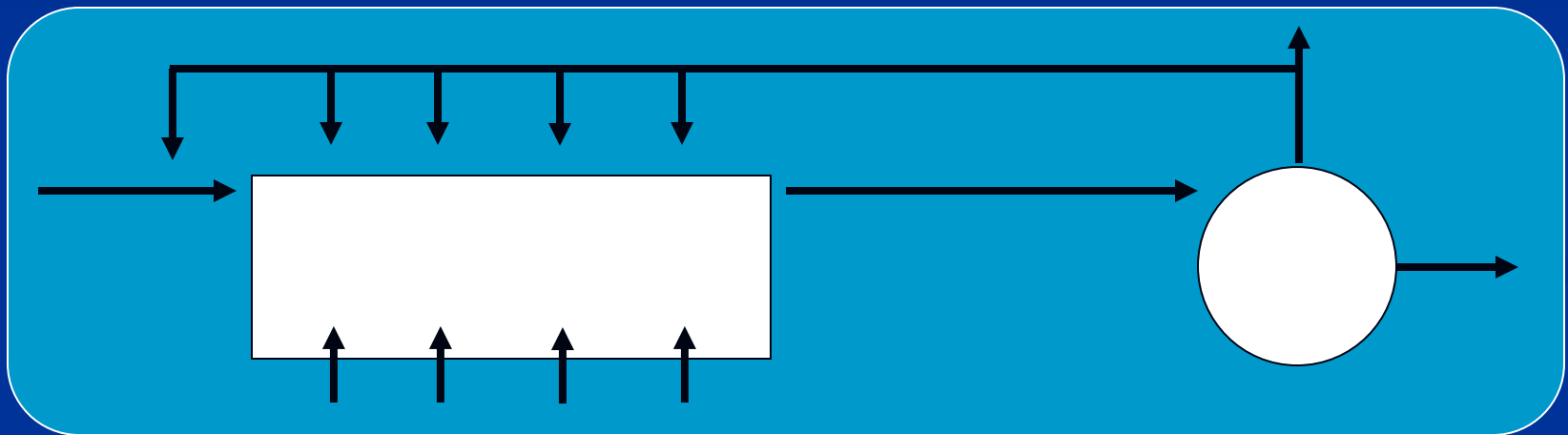


# Sục khí từng bước

## Step-aeration Activated Sludge

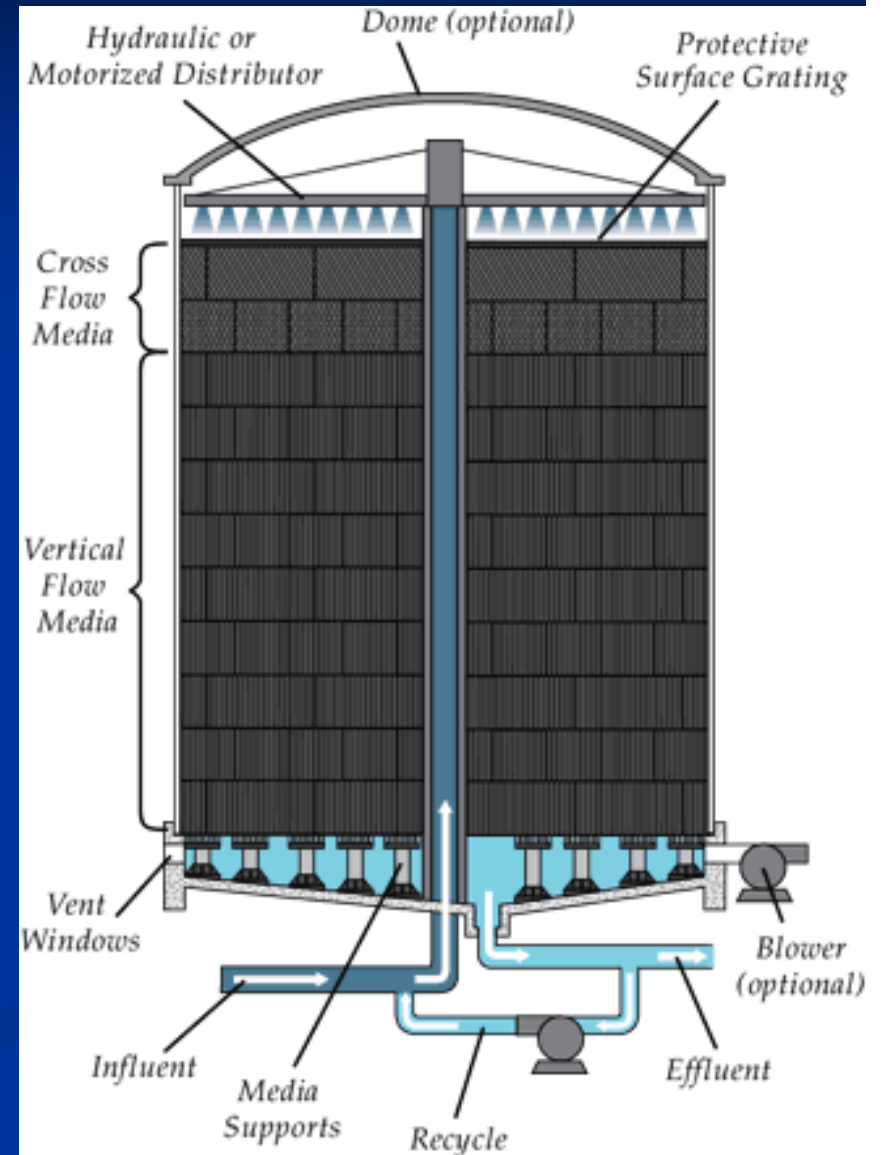
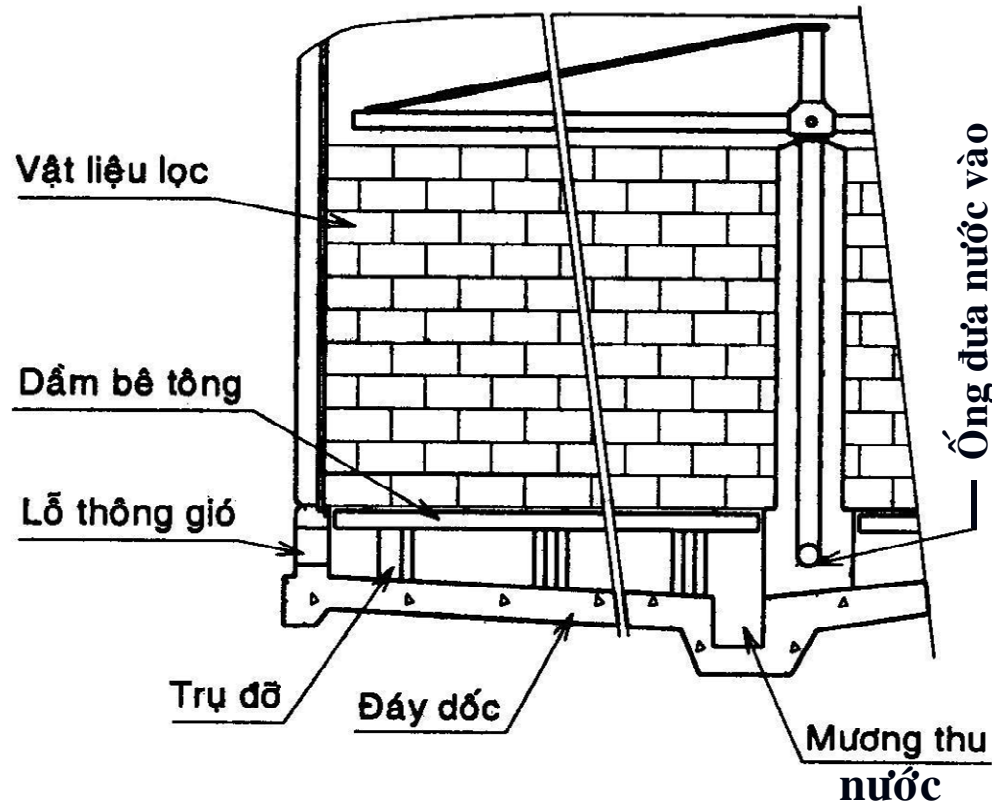


# Bùn tăng cường

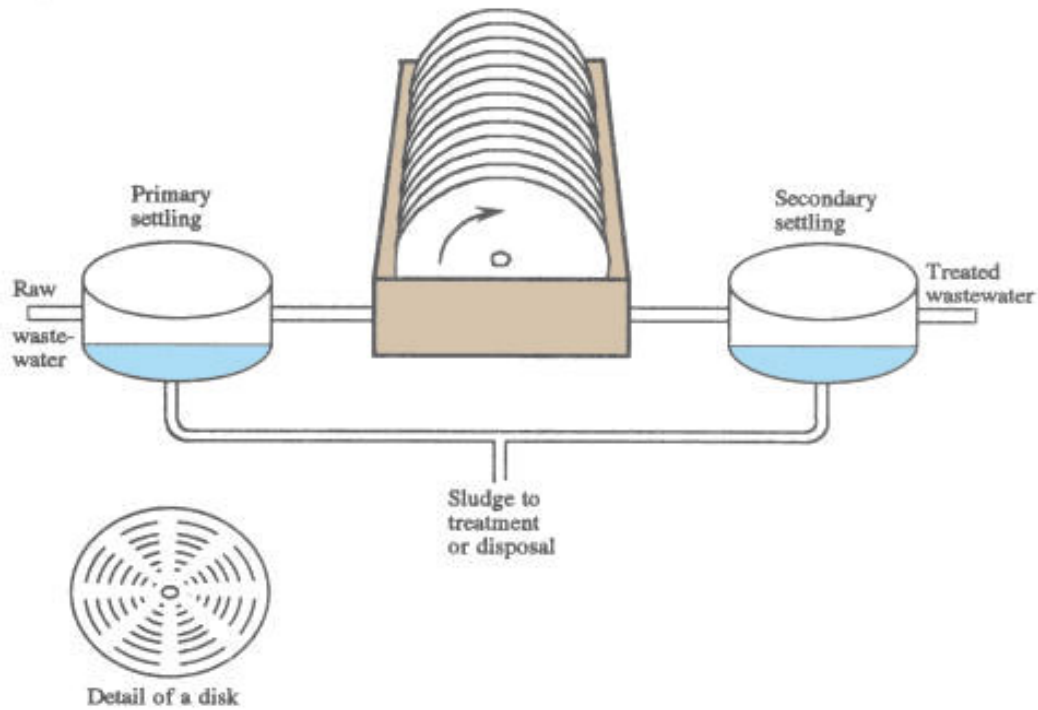


**Những chỉnh sửa cho  
các quá trình đang  
tồn tại**

# Tháp sinh học

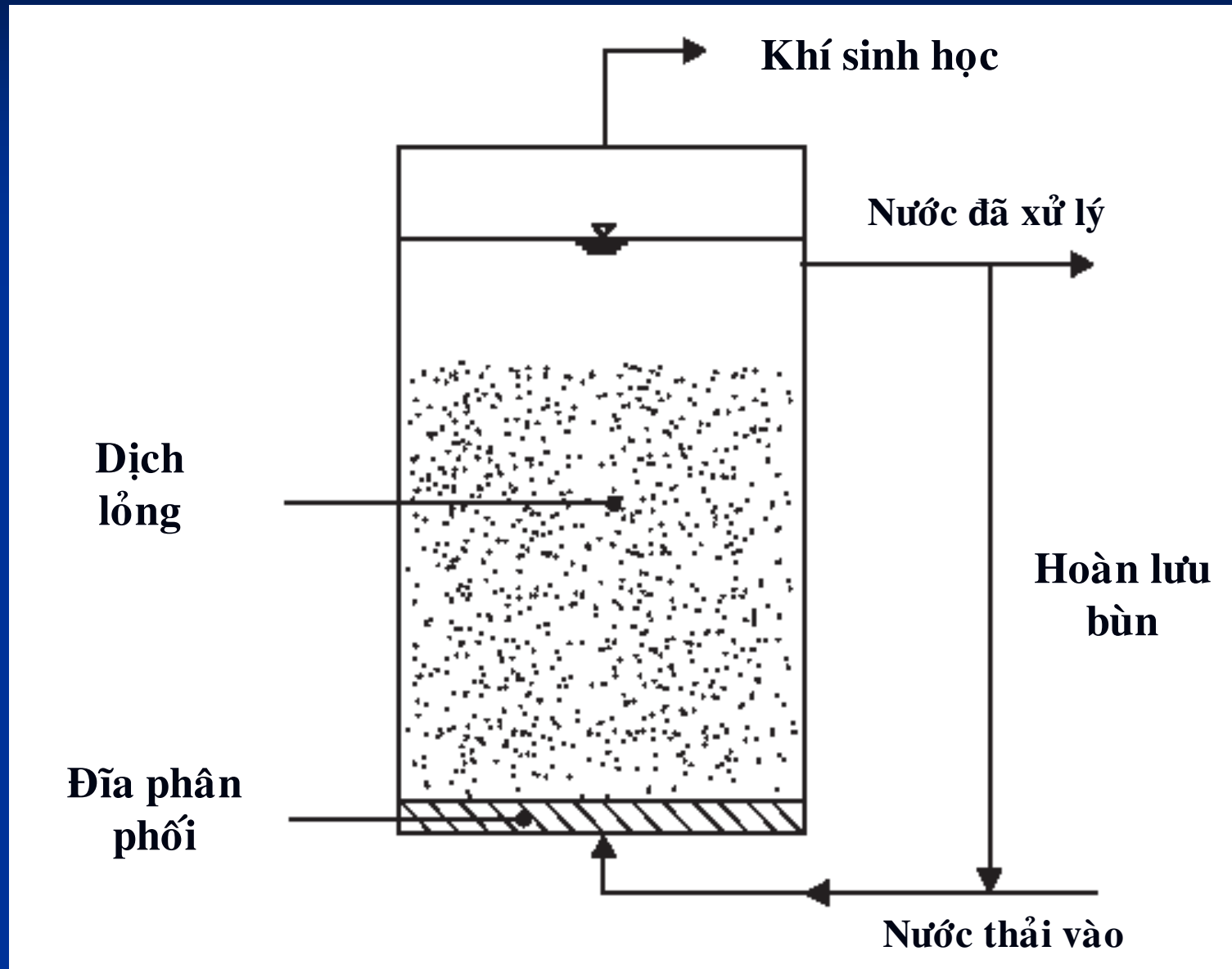


# Trục quay tiếp xúc sinh học

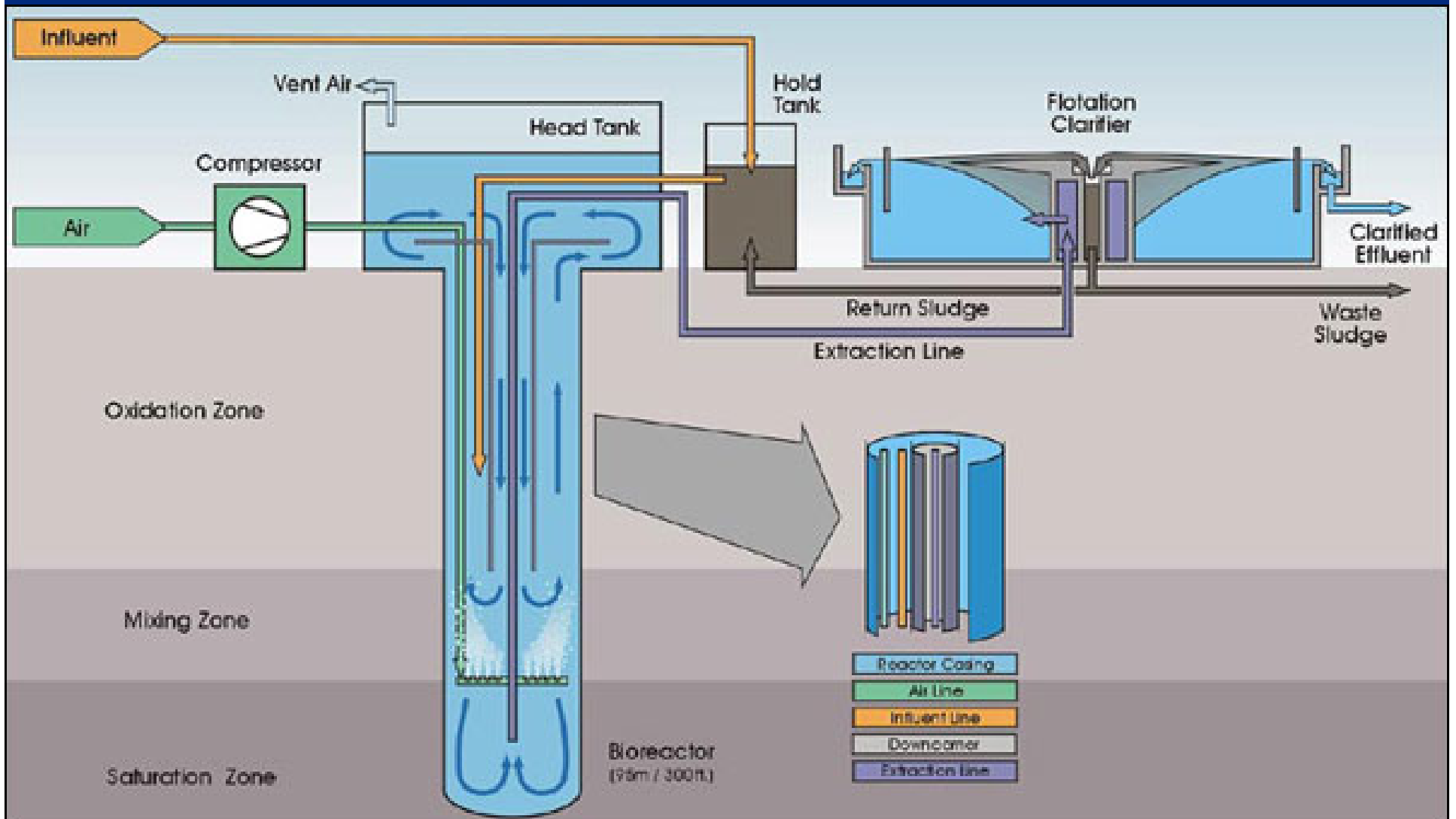




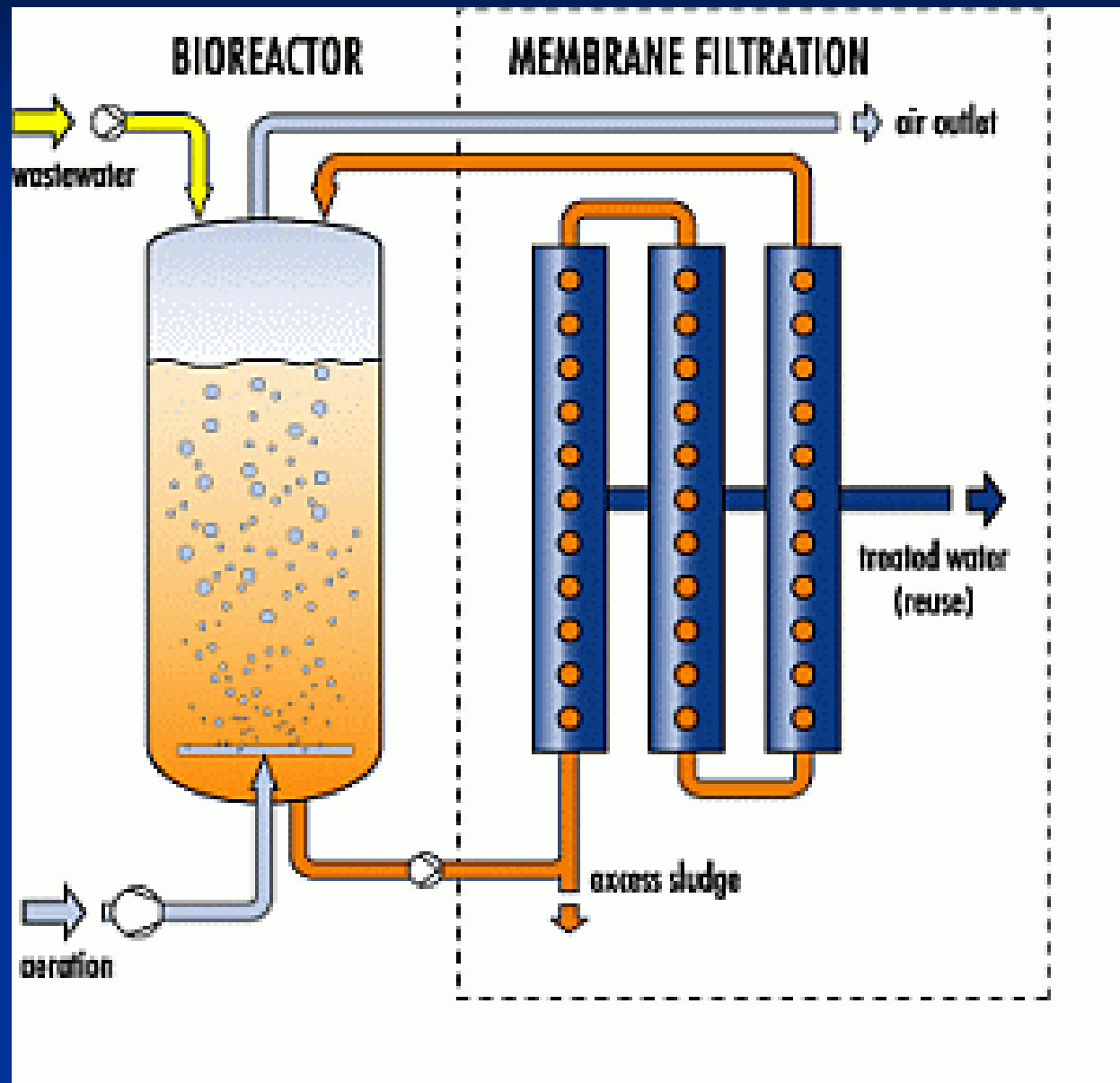
# Phản ứng qua lớp dịch lỏng



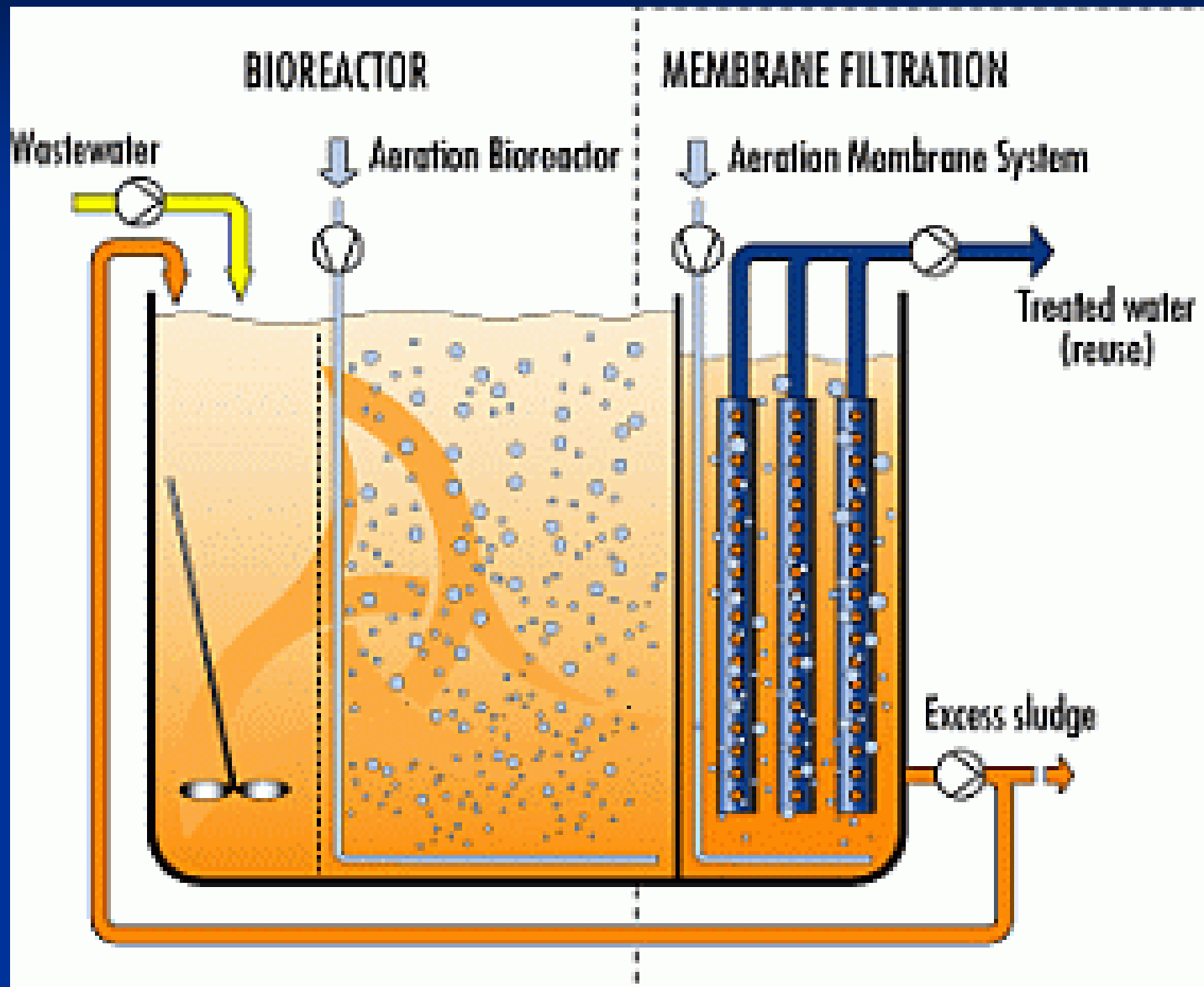
# Phản ứng trực sâu



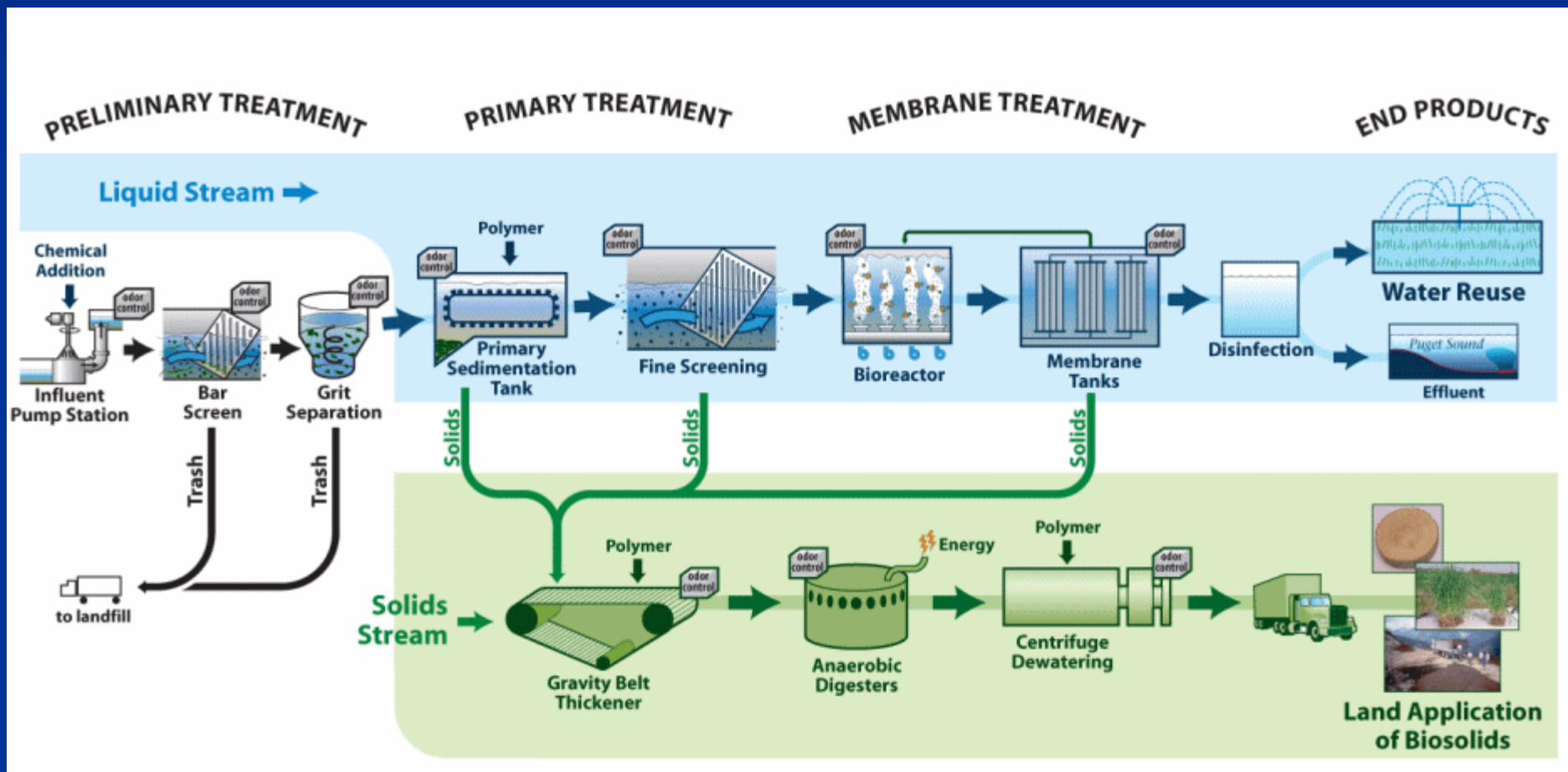
# Bể sinh học màng vi lọc



# Màng vi lọc chìm trong nước



# MBR là một công trình đơn vị trong cụm công trình xử lý nước thải

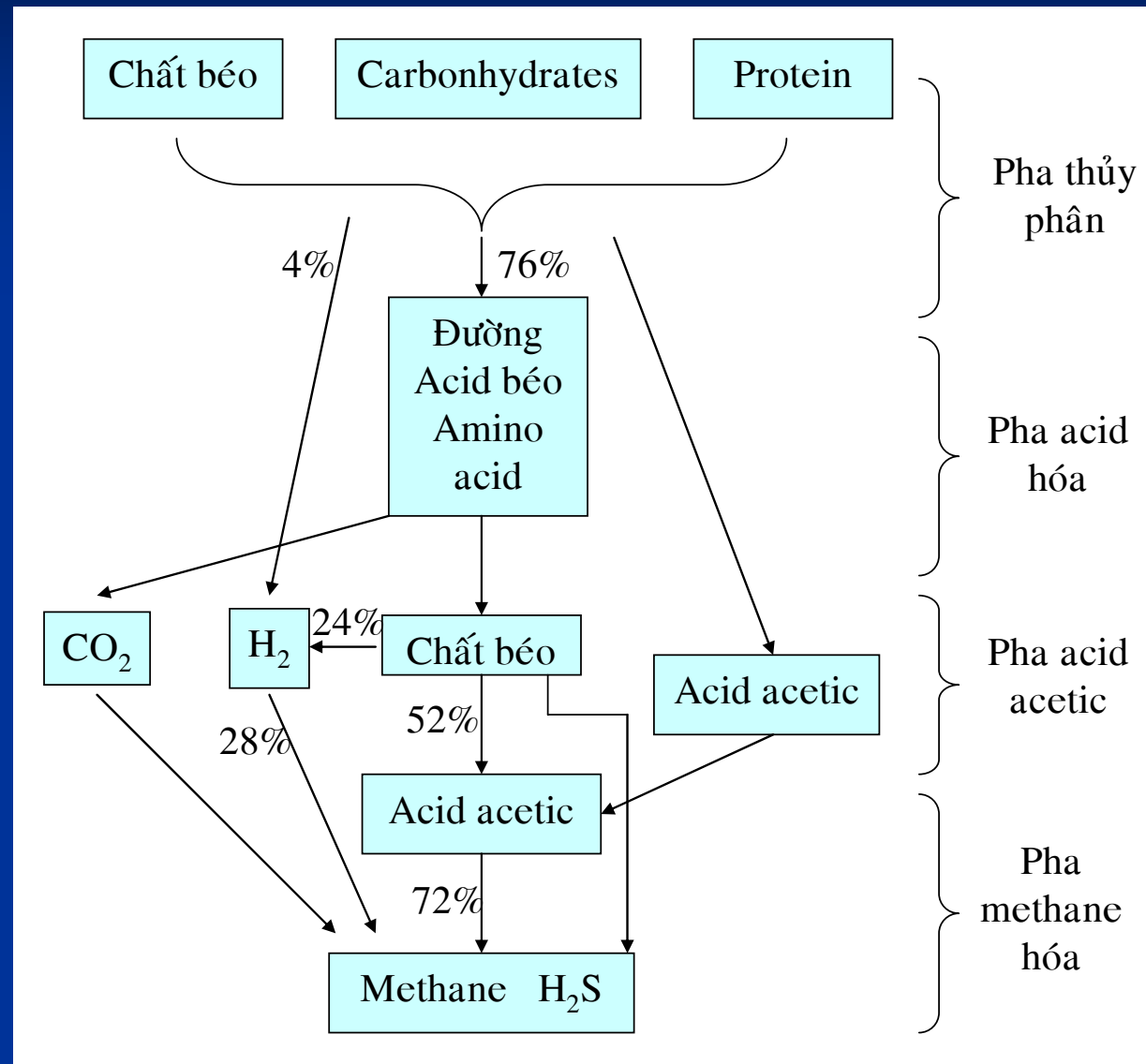


# Phân hủy kỵ khí

- ✧ Chất thải lỏng đã được xử lý kỵ khí từ lâu trong các ao hồ tự nhiên hoặc nhân tạo.
- ✧ Thuận lợi của phân hủy kỵ khí là tạo ra ít bùn, sinh khí methane và không cần phải sục khí
- ✧ Bất tiện của phân hủy kỵ khí là phải có hệ thống trộn tốt, nhiệt độ yêu cầu là  $37^{\circ}\text{C}$ , BOD cao 1.2 – 2 g/L, thời gian lưu nước dài 30 – 60 ngày.
- ✧ Phân hủy kỵ khí là một quá trình hoàn chỉnh liên quan đến một loạt các phản ứng với 3 nhóm vi sinh vật và qua 4 giai đoạn

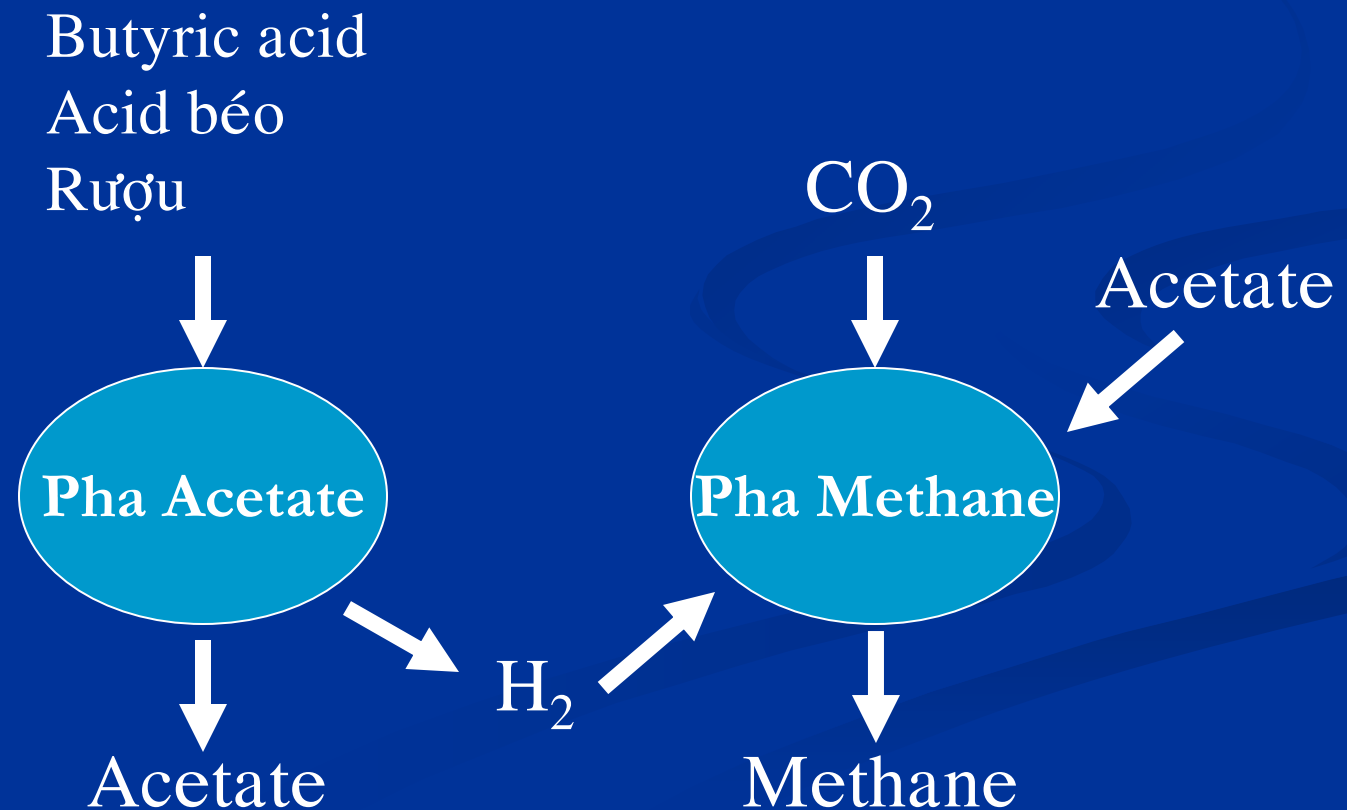
# Phân hủy kỵ khí

Các giai đoạn phân hủy kỵ khí chất thải



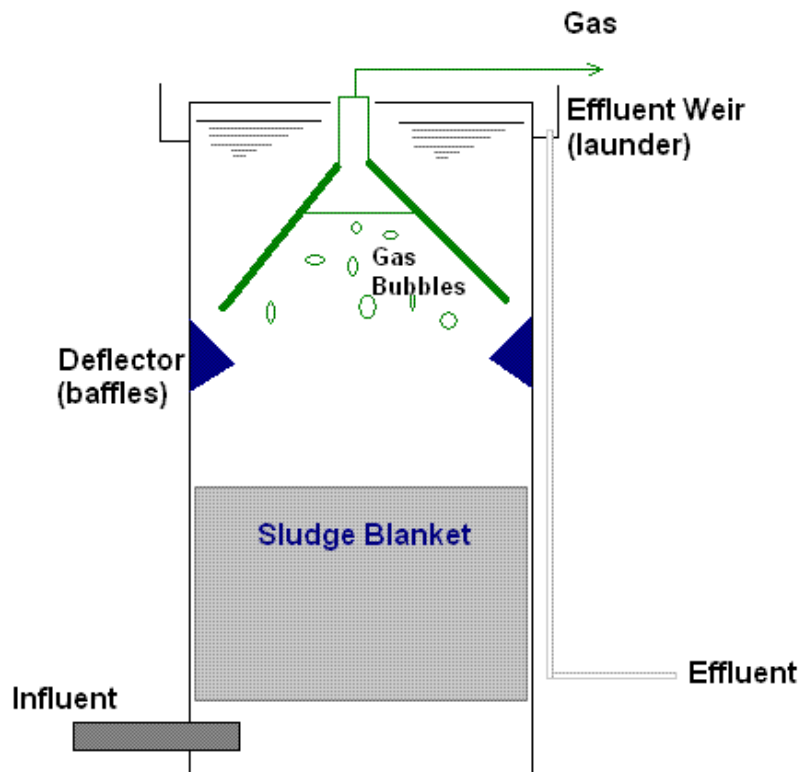
# Phân hủy kỵ khí

- ✧ Nhóm sinh vật methane hóa liên quan với nhóm sinh vật acetate hóa.
- ✧ Vi khuẩn methane chuyển hóa  $H_2$ ,  $CO_2$ , thành methane



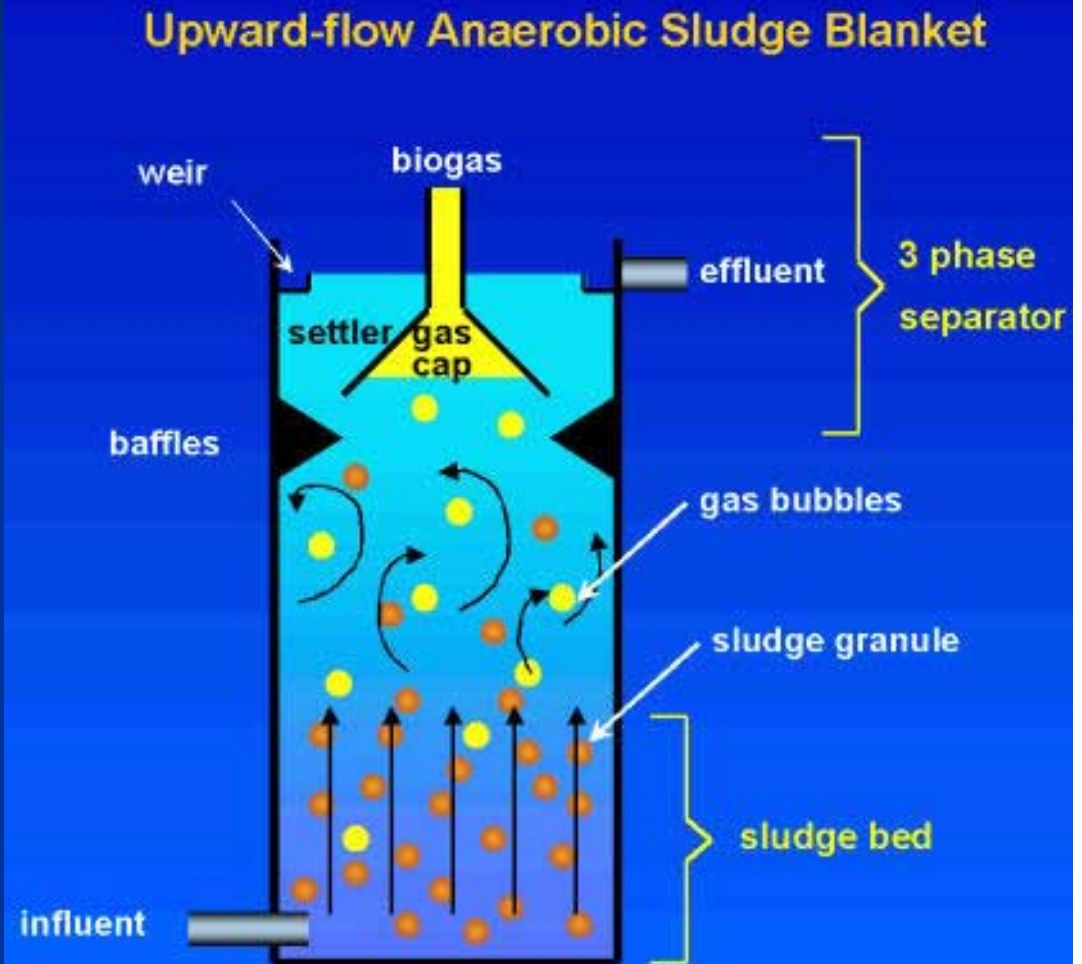


# Bể phân hủy kỵ khí



Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)  
Reactor Process Schematics

Copyright (c) wastewaterengineering.com



# Sự phân bố bùn trong bể

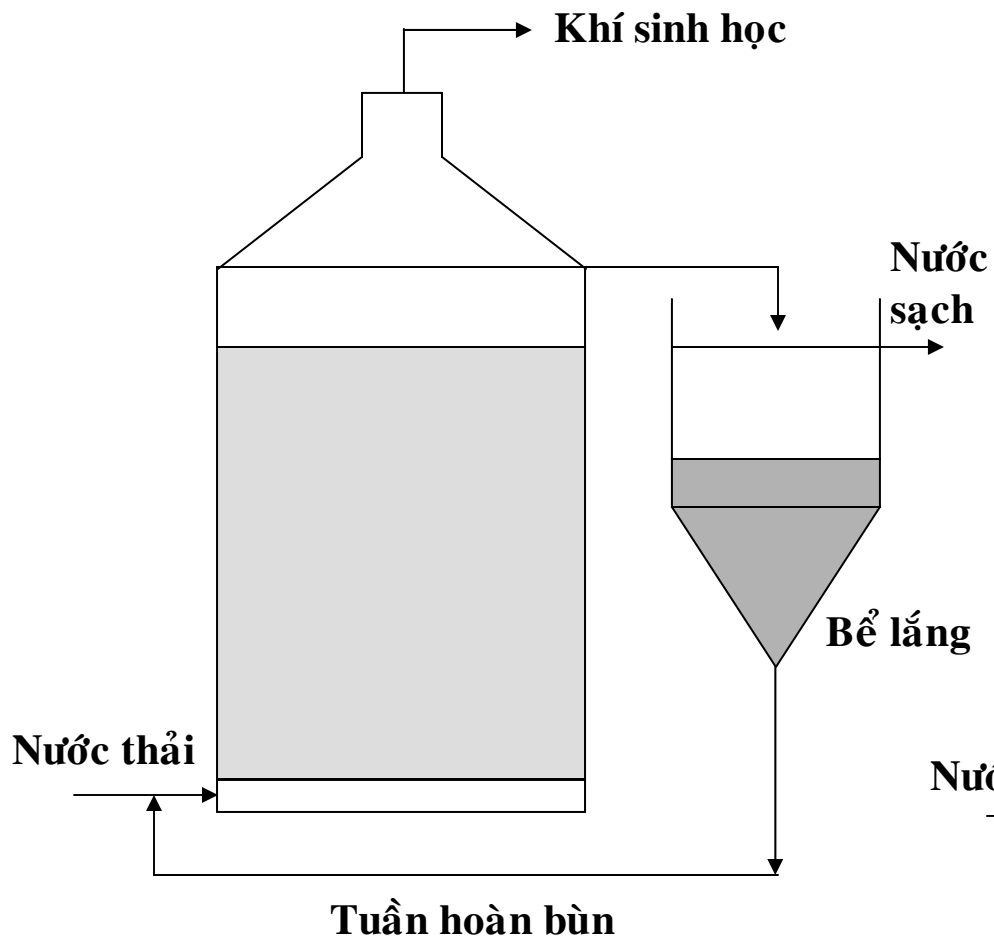
- $\frac{1}{4}$  bể tính từ đáy bể lên: hạt cặn keo tụ nồng độ 5 -7%
- Trên lớp cặn này là lớp bùn lơ lửng: 1000 - 3000mg/l
- Lớp nước tiếp giáp với không khí: nồng độ bùn rất thấp
- Để bùn hoạt động hiệu quả thời gian vận hành là 3 -4 tháng, nếu cấy vi khuẩn acidogen, methanogen thì 2 -3 tuần

# Quá trình lắng

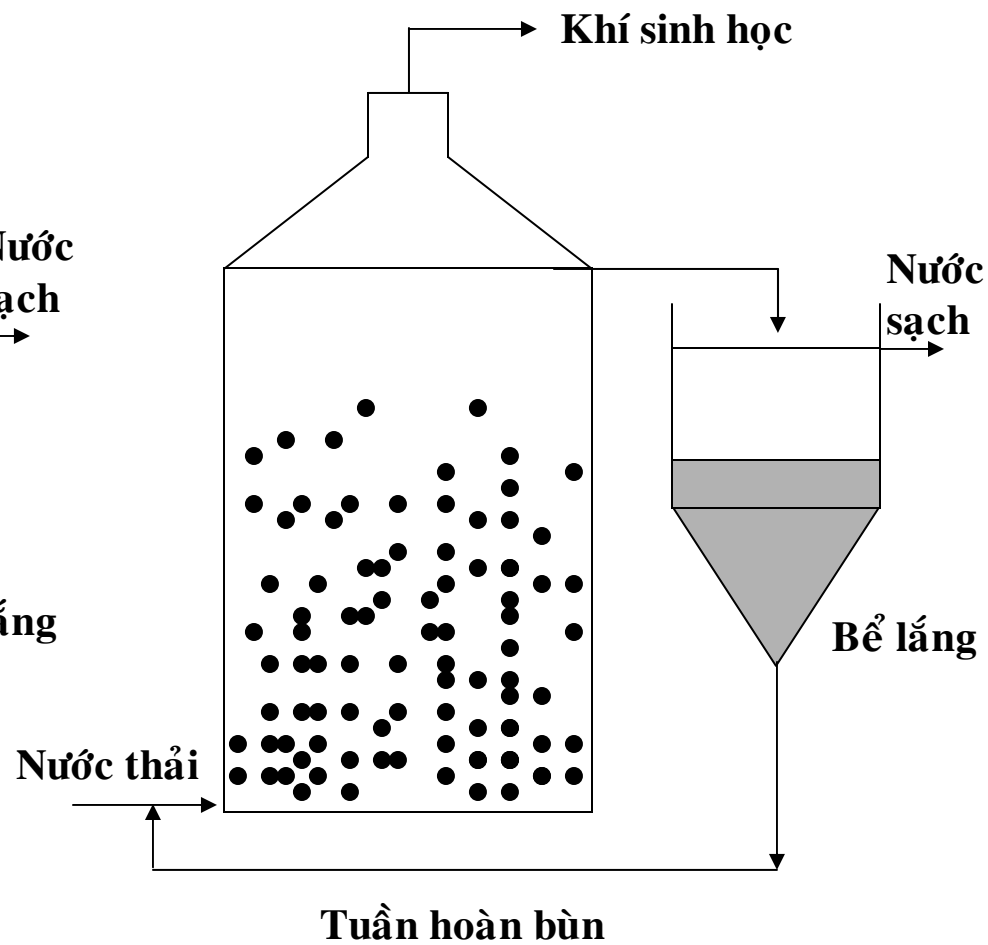
- ❖ Trong bể xử lý có sự trộn lẫn 3 pha: rắn, lỏng, khí.
- ❖ Tách khí ra khỏi hỗn hợp bằng các tấm tách khí đặt nghiêng so với phương ngang  $\geq 55^\circ$
- ❖ Nước và bùn vào ngăn lắng:  $v = 9-10\text{m/h}$ , thời gian lưu  $\geq 1\text{h}$  -> cặn rơi xuống ngăn phân hủy yếm khí, nước đi ra

# Chỉ tiêu thiết kế

| Nguồn nước thải                  | Hàm lượng COD đầu vào (mg/l) | Thời gian lưu nước trong bể | Tải lượng COD (kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày) | Hiệu quả khử COD (%) |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|
| Nước thải sinh hoạt              | 500-800                      | 4-10                        | 4-10                                       | 70-25                |
| Nhà máy rượu, men rượu           | 20.000                       | 5-10                        | 14-15                                      | 60                   |
| Chế biến bột khoai tây           | 4.500-7.000                  | 5-10                        | 8-9  | 75-80                |
| Chế biến sữa                     | 3.000-3.400                  | 5-10                        | 12   | 80                   |
| Nhà máy hóa chất hữu cơ tổng hợp | 18.000                       | 5-10                        | 7-9  | 90                   |
| Chế biến rau và hoa quả          | 8.300                        | 5-10                        | 18   | 55                   |
| Giấy các loại                    | 7.700                        | 5-10                        | 12   | 80                   |
| Chế biến hải sản                 | 2.300-3.000                  | 5-10                        | 8-10                                       | 75-80                |



**Bể kỵ khí có dòng chảy ngược  
qua lớp vật liệu cố định**



**Bể kỵ khí có dòng chảy ngược  
qua lớp vật liệu lơ lửng**



**ỨNG DỤNG TRONG THỰC TẾ**